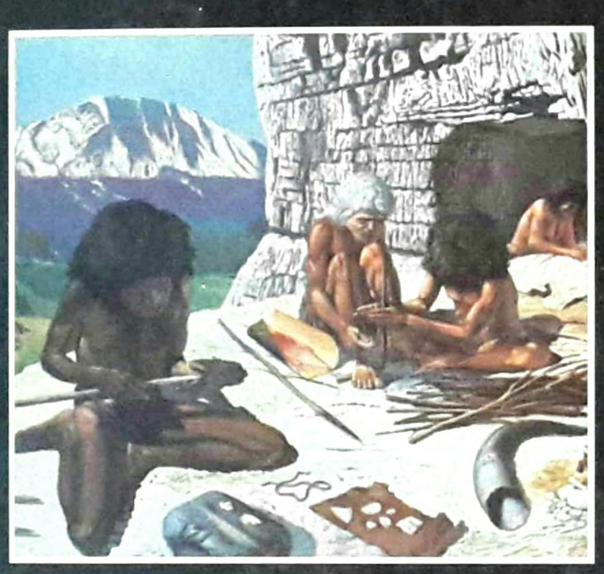
بهجة المعرفة

موسوعة علمية مصورة









المجموعة الأولى

٥

الأداة والآلة



بحر المعرفة
المجموعة الأولى
٥
الأداة والآلة
الشركة العامة للنشر
والتوزيع والإعلان

هذه الموسوعة

لأول مرة في لغتنا العربية.
لأول مرة في تاريخنا بأسره.
تصدر لدينا موسوعة مصورة ومعدة فعلاً على مستوى العمل الموسوعي.

لم يكن بوسعنا ان نتجاهل هذا النقص في مكتبتنا العربية. ولم يكن من خطتنا أن نوفيه بأي عمل لا يجاري مستويات الموسوعات الحديثة في اكثر لغات العالم تقدماً.

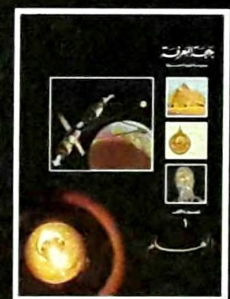
وقد أنفقنا بعض الوقت ونحن نبحث جاهدين عما يدعى عادة باسم "الحل الوسط". لكن البحث نفسه لم يعلمنا شيئاً سوى انه ليس ثمة حل وسط لأداء أي عمل جدي.

فماذا فعلنا؟

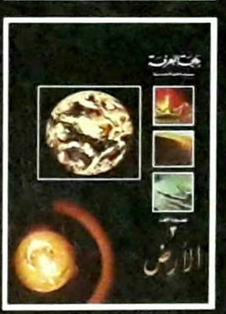
سؤال بديهي حقاً. لكن اجابته الصحيحة لا تقع في نطاق هذه المقدمة وحدها أو هذا الكتاب كله. انها تقع في عشرة مجلدات تضم حوالى أربعة آلاف صفحة وأكثر من عشرة آلاف صورة. وجهد خمسمائة محرر ورسام طوال أربع سنوات كاملة.

الصادق النيهوم

المجموعة الأولى













الأداة والآلة

بسم الله الرحمن الرحيم

بهجة المعرفة
مَوسُوعَة علميَّة مصوَّرة

الأداة والآلــة

المجموعة الأولى

٥



○

Derived from the Joy of Knowledge «TM» Services

The Publishers declare that an important part of the illustrations was derived from the I. V. R. Artwork Bank © 1974

ساهم في إعداد هذا المجلد :

ترجمة :

الدكتور خليل الجرّ
- دكتور فلسفة من جامعة السوربون بفرنسا
- عضو المجمع العام للفلاسفة الفرنسيين
- عميد كلية التربية في الجامعة اللبنانية ببيروت

مراجعة :

الدكتور رجا فارس حجّار
- دكتور في الكيمياء من جامعة أوهايو بالولايات المتحدة
- استاذ الكيمياء الفيزيائية في كلية بيروت الجامعية

التنفيذ الفني :

أوصاف البقيلي





فهرس



الاسلحة

الهندسة

وسائل الاتصال

الكيمياء الصناعية

الهندسة المنزلية

متفرقات :

هــذه الموسوعَـة

لأول مرة في لغتنا العربية .

لأول مرة في تاريخنا بأسره ، تصدر عندنا موسوعة مصورة ومعدة فعلاً على مستوى العمل الموسوعي .

لم يكن بوسعنا أن نتجاهل هذا النقص في مكتبتنا العربية ، ولم يكن من خطتنا أن نوفيه بأي عمل لا يجاري مستويات الموسوعات الحديثة في اكثر لغات العالم تقدماً . وقد انفقنا بعض الوقت ونحن نبحث جاهدين عما يدعى عادة باسم « الحل الوسط » ، لكن البحث نفسه لم يعلِّمنا شيئاً سوى أنه ليس ثمة حل وسط لأداء أي عمل جدي .

وذهبنا الى القمة .

اتصلنا بدور النشر شرقاً وغرباً ، وفحصنا اعمالهم بكل ما في حوزتنا من رغبة في التدقيق ، واخترنا أفضل ـ واحدث ـ عمل بينها ، ثم اندفعنا نفاوض على حقوق نشره في ملحمة مرهقة ، وغريبة بعض الشيء عن عالم منتجي الموسوعات في الغرب . فلم نكن نفاوض على الثمن ، بل على حقنا في تنقيح المادة ، وكان ذلك الطلب يدهشهم ـ احياناً ـ أكثر مما نتمنى .

بالتدريج تعلمنا أن نشرح لهم موقفنا . بالتدريج بدأنا نقنعهم بأننا لا نريد أن ننقل عملهم الى اللغة العربية ، بل نريد ان نعدّ لانفسنا موسوعة عربية تخصنا ، وتعكس روحنا وبيئتنا وذوقنا ، وترى الاشياء من وجهة نظرنا ، اذا كان لا بد أن تراها من وجهة نظر أمة ما .

وتقبّلوا فكرتنا في دار ميتشل بيزلي ذات الدور الرائد في ابتكار الموسوعات المصورة ، وانفتح الباب الذي ظل مغلقاً طوال تاريخنا القديم والحديث على حد سواء ، وبدأنا بالعمل لتقديم اول انتاج موسوعي متكامل في لغتنا العربية ، بعد ان تقررت خطة التنفيذ خلال جلسة شبه عائلية بين ثلاثة من المسئولين عن التنفيذ .

في تلك الجلسة تقرر اولا اننا سنواجه مشكلة صعبة في نقل المصطلحات الى حد قد يدعونا احياناً الى استعمال الكلمة اللاتينية حرفياً . وبالنسبة لهذه النقطة ، كان الحل الوحيد لدينا هو أن نوكل الترجمة الى اساتذة جامعيين في المادة نفسها ، وليس فقط الى مجرد مترجمين ، في محاولة حافلة بالتوقعات لحمل الخبير العربي على مواجهة مشاكل لغته المعاصرة ، واشراكه في مسئولية البحث عن الكلمة الأفضل والاكثر قرباً الى روح ثقافتنا وشخصيتنا .

ابعد من ذلك لم يكن بوسعنا ـ ولم يكن من حقنا أصلاً ـ أن نمضي شبراً واحداً . فنحن لا نتصدى لكتابة لغة جديدة للعرب ، بل لتسجيل معلومات جديدة في لغتهم ، وهي اقصى مهمة تستطيع أية موسوعة أن تؤديها .

في تلك الجلسة تقرر أيضاً أن الترجمة على أي حال ليست هي وحدها كل المشكلة . فمنهج التحرير نفسه في تغطية مواد الموسوعة الانجليزية منهج لا يلبي جميع احتياجاتنا . أنه يهيء لنا مادة علمية ممتازة العرض والتنسيق في مجلدات « الكون » و« الأرض » و« الحياة » ، لكن اهتماماته في مجلدات اخرى مثل « الانسان والمجتمع » ، و« مسيرة



من مواضيع المجلد :
- النظرية الذرية
- الحرارة والضوء والصورة
- الكهرباء
- الكيمياء . . .

الحضارة » ، لا تغطي كثيراً مما يهمنا نحن في الدرجة الأولى .

بالنسبة لهذه النقطة كان الحل لدينا هو أن نعيد اخراج الموسوعة بأسرها في مجموعتين : -

المجموعة الأولى موجهة لتغطية ميادين العلوم الطبيعية المعاصرة في المجلدات الخمسة التالية :

١) العلم
٢) الكون
٣) الأرض
٤) الحياة
٥) الاداة والآلة

وصفة هذه المجموعة انها تتعامل مع حقائق علمية مجردة . ودورنا فيها هو اننا



- علوم الفضاء
- المجموعة الشمسية
- النجوم وخرائط النجوم
- الانسان والفضاء . . .



- تركيب الارض
- البحار والمحيطات
- المناخ والطقس
- مصادر الغذاء والطاقة . . .



- كيف بدأت الحياة ؟
- النبات
- الحشرات والسمك
- الطيور والثدييات . . .



- وسائل النقل
- الاسلحة
- الهندسة
- الصناعات الكيميائية . . .

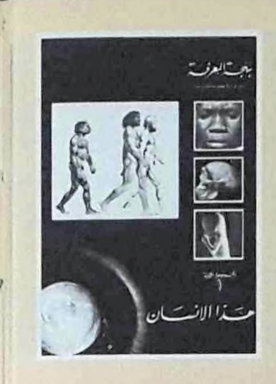
نقلنا جميع معلوماتها بأمانة ودقة . وما نتوقعه منها هو أن تسد الثغرة الهائلة - والشديدة الوضوح - في مكتبتنا العربية في ما يخص حقل المعرفة المصورة بالذات .

المجموعة الثانية موجهة لتغطية ميادين العلوم الانسانية في خمسة مجلدات اخرى هي :

١) هذا الانسان
٢) الانسان والمجتمع
٣) مسيرة الحضارة مجلد أول
٤) مسيرة الحضارة مجلد ثان
٥) مسيرة الحضارة مجلد ثالث

وصفة هذه المجموعة أن خطة تحريرها بحكم طبيعة العلوم الانسانية نفسها خطة لا يمكن اداؤها من جانبين مختلفين في وقت واحد . فمنهج المحرر الاوربي هو أن ينظر الى ميادين العلوم الانسانية في أوربا ، ويركز بحوث النص على قضايا المجتمع والتاريخ فيها ، مقابل أن يكتفي بتغطية شبه عامة لمعظم ما يقع خارج هذا الاطار . ومشكلتنا نحن في الطرف الاخر أن هذا المنهج يلزمنا بتفاصيل لا نحتاج اليها عن اوربا ، ويحرمنا معلومات اساسية نحتاج اليها اكثر عن مجتمعنا وتاريخنا وطبيعة قضايانا التي نتعامل معها . وكأن الأمر كله بالنسبة لنا مجرد دعوة للاختيار بين أن ننقل المجموعة الى اللغة العربية وبين ان نعدّ لانفسنا مجموعة عربية تخصنا .

هذه المرة لم تكن مشكلتنا ان نجد حلاً ، بل أن نتفق على اتخاذ قرار . وقد اعترانا التردد ، وارتفعت اصواتنا بعض الشيء ، ونحن نعدد لانفسنا انواع المصاعب والاحتمالات ، لكن ذلك فيما يبدو مجرد



من مواضيع المجلد :
- قصة التطور
- كيف يعمل جسدك وينمو ؟
- الصحة والمرض
- مراحل العمر المختلفة . . .

جزء متوقع من أية جلسة مخصصة لاتخاذ قرارات صعبة . فقد انتهى الأمر بيننا بالاتفاق على أي حال ، واتفقنا جميعاً على اختيار الطريق الأطول والأكثر تعقيداً .

رأينا أن نعيد توزيع النص . أن نتدخل لتنقيح المادة . أن نحذف . أن نضيف . ورأينا أن ذلك يعني في الواقع اننا سنعدُّ كثيراً من فصول هذه المجموعة بأنفسنا ، مما يتطلب بدوره أن نلتزم أيضاً بالمستوى الرفيع - والمبتكر - لاخراج النص في نسخته الاصلية . فماذا فعلنا ؟ قمنا بتقسيم مواد المجموعة الثانية الى ثلاثة اقسام :

القسم الأول : دراسة علمية منفصلة من مجلدين ، احدهما يضم معظم المعلومات المتوفرة الآن عن الانسان وتطوره ، ووظائف اعضائه وتشريح




- عن الموت والحياة
- الانسان والدين
- السياسة
- القانون . . .



- نشأة المجتمعات
- امبراطوريات العالم القديم
- ظهور الاسلام
- المغول في بغداد . . .



- اوربا في القرن الرابع عشر
- اكتشاف امريكا
- العثمانيون
- مطلع عصر الاستعمار . . .



- استعمار العالم العربي
- الحرب العالمية الاولى
- حركات التحرير في العالم العربي
- الحرب العالمية الثانية . . .

جسده وصفاته ، ومشاكله العقلية العامة . والآخر يتعرض لموقع الانسان في المجتمع ، والتركيبات الجماعية المعروفة في العالم ، وقضايا الشخصية والنمو العقلي . وفي هذا المجلد كان دورنا أن نساند معظم الدراسات الاصلية التي تركزت بحوثها على مجتمعات اخرى بدراسات جديدة عن مجتمعنا العربي ونوع قضاياه ذات الطابع المختلف . وقد بلغت حصيلة اضافاتنا مائة صفحة تقريباً مخصصة كلها لتحديد ابعاد الصورة الأخرى التي تسود مجتمعاتنا في العالم العربي .

القسم الثاني : دراسة تاريخية من مجلدين يعرضان قصة الحضارة منذ عصور ما قبل التاريخ الى نهاية العصور الحديثة . وفي هذا القسم تجاوزت اضافاتنا حدود المائة صفحة ، ووقع علينا عبء اعداد الفصول الخاصة بتاريخ الاسلام والعرب بالذات لتغطية النقص الظاهر في اصل الموسوعة .

القسم الثالث : دراسة للتاريخ المعاصر من مجلد واحد ، يتبعه في وقت لاحق اطلس تاريخي للوطن العربي . ومنذ بداية هذا القسم كنا قد افترقنا كثيراً عن النص الاجنبي ، وكنا نعرف على وجه اليقين اننا هذه المرة لا بد أن نعد معظم المادة بأنفسنا .

فلماذا فعلنا ؟

سؤال بديهي حقاً ، لكن اجابته الصحيحة لا تقع في نطاق هذه المقدمة وحدها او هذا الكتاب كله . انها تقع في عشرة مجلدات ، تضم اربعة الاف صفحة تقريباً ، وأكثر من عشرة آلاف صورة ، وجهد خمسمائة محرر ورسام طوال أربع سنوات كاملة .

الصادق النيهوم

خطـة التحـرير

كلمة موسوعة في اللغات الاوربية تعني تقريبا ما تعنيه كلمة « حلقة الدرس » في لغتنا . انها تجميع للمعارف طبقا لخطة اخراج خاصة من شأنها ان تضع حصيلة ضخمة من المعلومات بين يدي القارىء المتخصص والقارىء العادي على حد سواء .

ثمة خطتان لتحرير الموسوعات :

الاولى : ان تتبنى الموسوعة اسلوب التجميع حسب الحروف الابجدية ، وتعمل على تقسيم معلوماتها في خانات ترتبط بنوع الحرف وليس بطبيعة الموضوع . مشكلة هذه الخطة انها قائمة على تفكيك الوحده الى فقرات مبتورة او مكررة ، مما يجعل الموسوعة نفسها مجرد قاموس مطول ، قد يرضي حاجة قارىء يبحث عن اجابة معينة لسؤ ال معين ، مثل « من هو قلب الاسد ؟ » ، او « متى عاش صلاح الدين ؟ » ، لكنه لا يسد حاجة من ينشد المعرفة الحقيقية بظروف هذين الرجلين وظروف العصر الذي شهد لقاءهما .

الخطة الاخرى : ان تتبنى الموسوعة اسلوب تجميع المعلومات حسب وحدة الموضوع ، بحيث تقدم عرضا شاملا له ، بغض النظر عن حروفه الابجدية . فالقارىء هنا لا يتلقى معلومات متفرقة عن قلب الاسد او صلاح الدين تحت حروف ابجدية متباعدة ، بل يشاهد حياتهما بمجملها وعصرهما بكامله ، ويتعرف على الظروف والاحداث التي احاطت بهما ، في عرض واحد مفصل تحت عنوان « الحروب الصليبية » .

ان هذه الخطة ، بكل ما تقتضيه من المحرر من مراعاة الشمول والدقة ، هي التي رأيناها جديرة بتحرير موسوعة كبرى مثل « بهجة المعرفة » .

بهجة المعرفة ؟ نعم ، فهذا الاسم بالذات ليس مجرد اختيار عابر من جانبنا ، بل هو المنهج ذاته المتبع في اعداد مواد الموسوعة وفي توزيعها ايضا .

لم نكترث للفكرة القائلة بان المعرفة التي تكتسب بيسر لا بد ان تكون معرفة سطحية اوغير نافعة . الواقع ان مثل هذا الزعم ليس خياليا وبعيدا عن مفهوم التربية فحسب ، بل انه مفسد ، اذ من شأنه ان يسد كل طريق ممكن الى المعرفة . لقد تعمدنا ان نتجاهله ، وصممنا على ان نمضي في الاتجاه الاخر ، عازمين على تأكيد ايماننا بان المعرفة في حد ذاتها هي اول لذات الحياة واكثرها اثارة للبهجة .

استعملنا الرسوم . استعملنا الجداول واللوحات والخرائط . اتجهنا لتطوير طريقة

عرض المادة بحيث يسقط الضوء على كل موضوع من ثلاث زوايا مختلفة في وقت واحد :

زاوية النص العام الذي يتولى مهمة شرح الموضوع وتحديد اطاره ؛ زاوية الصور التي تواكب فقرات النص بمثابة شروح او وثائق ؛ زاوية التعليق على الصور ، وهو نص آخر قائم بذاته ، لإضافة مزيد من المعلومات الى النص العام او شرح تفاصيله .

هذا المنهج في تغطية جميع وحدات الموضوع من عدة زوايا في وقت واحد هو الذي قاد المشرفين على اخراج الموسوعة في اللغة الانجليزية الى ابتكار نظامهم البارع - والمفيد - لتجميع كل موضوع على حدة في قطاع واحد من صفحتين .

نظام القطاع : اصطلاح « القطاع » يمثل هنا الوحدة الاساسية لجميع المجلدات ، وهو صفحتان في الاصل الاجنبي ، واربع صفحات في النسخة العربية ، نظراً لاختلاف حجم المجلد من جهة ، وصغر انماط الحرف اللاتيني من جهة اخرى .

كل قطاع يضم نصاً رئيسياً يقع في ٧٥٠ كلمة تقريبا على امتداد النصف العلوي من الصفحات الاربع ، تضاف اليه الصور والرسوم الملونة التي تغطي مع شروحها اكثر من نصف المساحة . وقد اخترنا للشروح اصغر نمط متاح للحرف العربي ، لكي نفسح مجالاً كافياً لحشد مزيد من التفاصيل ، دون ان تصبح القراءة صعبة او مرهقة .

نقل القطاع من اصله الاجنبي الى النسخة العربية تم بنجاح ، رغم الاختلاف الظاهر بين حجم المجلد في كلتا الموسوعتين . لقد التزمنا اصلا ، في القطاعات التي قررنا نقلها بحذافيرها الى اللغة العربية ، بنشر جميع الصور في احجامها الاصلية وجميع النصوص والشروح التي يضمها القطاع على اربع صفحات بدلاً من اثنتين .

لمن « بهجة المعرفة » ؟ في الدرجة الاولى نحن نتوجه الى القارىء المدرب الذي تلقى تعليماً منظماً يعادل - على الاقل - مرحلة التعليم الاعدادي . فقراءة موضوعات الموسوعة من دون المام بأوليات المعرفة قد لا تكون امراً مشوقاً . فيما عدا ذلك ، نعتبر « بهجة المعرفة » « حلقة درس » حقيقية مفتوحة فعلاً لجميع الاعمار .

لقد ضمنّاها ثلاثة مصادر للمعرفة ، تمثل مستويات المعارف المختلفة : مصدراً يعالج معلومات اساسية قد يحتاج اليها كل قارىء ، مثل المواد الخاصة بوظائف الجسم

وتربية الطفل وامور الصحة والمرض ؛ ومصدراً يعالج معلومات مفيدة وممتعة معا ، من شأنها ان تشد انتباه كل قارىء بين الاعدادي وبين الجامعة ، لأنها تهيء له مرجعا علميا موثوقا به لجميع المعارف التي يتلقاها طوال سنوات دراسته ، مثل المواد الخاصة بالتاريخ والعلوم الطبيعية والرياضيات والفلك ؛ ثم مصدراً ثالثاً يعالج معلومات متخصصة لا يحتاج القارىء الى مطالعتها فقط ، بل الى مراجعتها ايضا بين حين وآخر ، بحثاً عن الحل او المشورة ، مثل المواد الخاصة باستعمال الالات او موضوعات غذاء الطفل ورعاية الحامل .

كيف تقرأ ؟ نظام القطاع مصمم خاصة لتحويل الموسوعة الى مكتبة امام كل قارىء لا يرتبط بمنهج بحث معين . انه يستطيع ان يقرأ كل كتاب على حدة - او حتى كل قطاع على حدة - ويستطيع ان يضمن لنفسه فيضاً زاخراً من المعلومات النافعة دون ان يخسر شيئاً من متعة التشويق والتباين . لكن نظام القطاع قد يقدم خدمة اكبر للقارىء المدرب الذي يستعمل الموسوعة طبقا لمناهج محددة في البحث .

فهذا القارىء ، سواء كان طالبا او باحثا متخصصا ، تمده الموسوعة بمرجع قريب وسهل التداول ، يكفيه مشقة البحث الطويل بين المصادر ، ويكفيه في الدرجة الاولى مشقة تجميع المصادر نفسها . كل ما يحتاج اليه هنا هو ان يراجع في « اقرأ ايضاً » ارقام صفحات القطاعات المترابطة في كل مجلد على حدة ، لكي يكتشف بنفسه ان كل قطاع يعمل تلقائياً بمثابة خلية واحدة في جسم واحد ، وان كل قطاع يقود الى الآخر في نسيج متواصل النمو والتشابك مثل المعرفة الحية نفسها .

كيف تبحث ؟ الخطوة الاولى ان تحدد لنفسك المجلد الذي يتعامل مع موضوعك . فما يخص الانسان مثلا تبحث عنه في « هذا الانسان » ، وما يخص الفضاء تبحث عنه في مجلد « الكون » . ومجلدات الموسوعة مقسمة عمدا الى مجموعتين لتسهيل هذه المهمة بالذات .

الخطوة الثانية ان ترجع ، في « هذا الانسان » مثلا ، الى الصفحة الثامنة عشرة ، حيث تجد خارطة مفصلة للكتاب ، تحدد لك اين تجد موضوعك ، وموقعه من المادة بأسرها . فاذا كنت تبحث عن امر يتعلق بالجهاز الهضمي مثلاً ، فسوف ترشدك الخارطة الى القسم الثاني المخصص للجسم البشري في بنيته وفي وظائفه . بعد ذلك ، كل ما تحتاج اليه هو ان تلقي نظره على فهرس المحتويات لكي تعرف الصفحة التي تحتوي على موضوعك .

الدكتور كريم عزقول

نظام القطاع



النص الرئيسي هو عرض لموضوع قائم بذاته ، من ٧٥٠ كلمة تقريباً ، يملأ الجزء الأعلى من صفحات القطاع الاربع .

الرسوم والصور هي رسوم وصور ومخططات ولوحات وجداول وخرائط تضفي طابعاً حسياً على تفاصيل الموضوع وتجسِّده ماثلا امام عينيك .

نموذج للقطاع بمختلف عناصره المتآزرة لجعل موضوع في المعرفة الشاملة العامة متكاملاً ومشوِّقاً وحيّاً .

الهوامش هي كلمات ـ عناوين لاجزاء الرسوم والصور او ارقام تدلك الى شروحها في التعليقات .

التعليقات هي شروح للرسوم والصور تستخرج معانيها وتوضح دقائقها وتزودك بمعلومات تفصيلية اضافية عن الموضوع .

اقرأ ايضاً هي قائمة بالابحاث التي تتناول نواحي اخرى من الموضوع ذاته والتي يمكنك مطالعتها في هذا المجلد . وقد افرد لها باب خاص في آخر المجلد .

خطة الكتاب



- كيف تطورت التقنيات
- المواد وأوجه استعمالها
- الاتجاه الحديث نحو التقنات اليدوية

- المصادر الطبيعية للطاقة
- من الطاقة البخارية الى الطاقة النووية
- من الرافعات الى الكومبيوتر

- المدفعية
- السفن الحربية والغواصات
- الطائرات الحربية والمقذوفات
- الحرب النووية والكيميائية والبيولوجية

- وسائل التخاطب
- من المطبعة الى التلفزيون.
- الرادار والسونار

- الهندسة الكيميائية
- المتفجرات والاسلحة النارية
- كيمياء الألوان

مدخل *

تهتم العلوم باكتشاف الطبيعة وفهم الظواهر الطبيعية وزيادة المعرفة البشرية عن كل ما يحصل حولنا . على ان هذه المعرفة لا تؤثر في حياتنا اليومية الا بعد تطبيقها عملياً .

ان العلم المجرد يجب أن يخضع في نهاية المطاف للتطبيق ، وكلما تزايدت المعرفة ، اصبحت الاستفادة منها منوطة بتطبيقها بطرق ذكية ومنتجة . والتقنية هي التطبيق المنهجي ، ضمن أهداف عملية ، لمختلف فروع المعرفة . هناك نوع من التقنية ـ كالتقنية اللازمة لتصميم وبناء الطائرات الاسرع من الصوت ـ قد ينشأ عن التطبيق المنظم للمعلومات التي يكتشفها العلماء في مختلف حقول العلم ، وربما عن التطبيق المنظم للمعلومات غير العلمية ايضا .

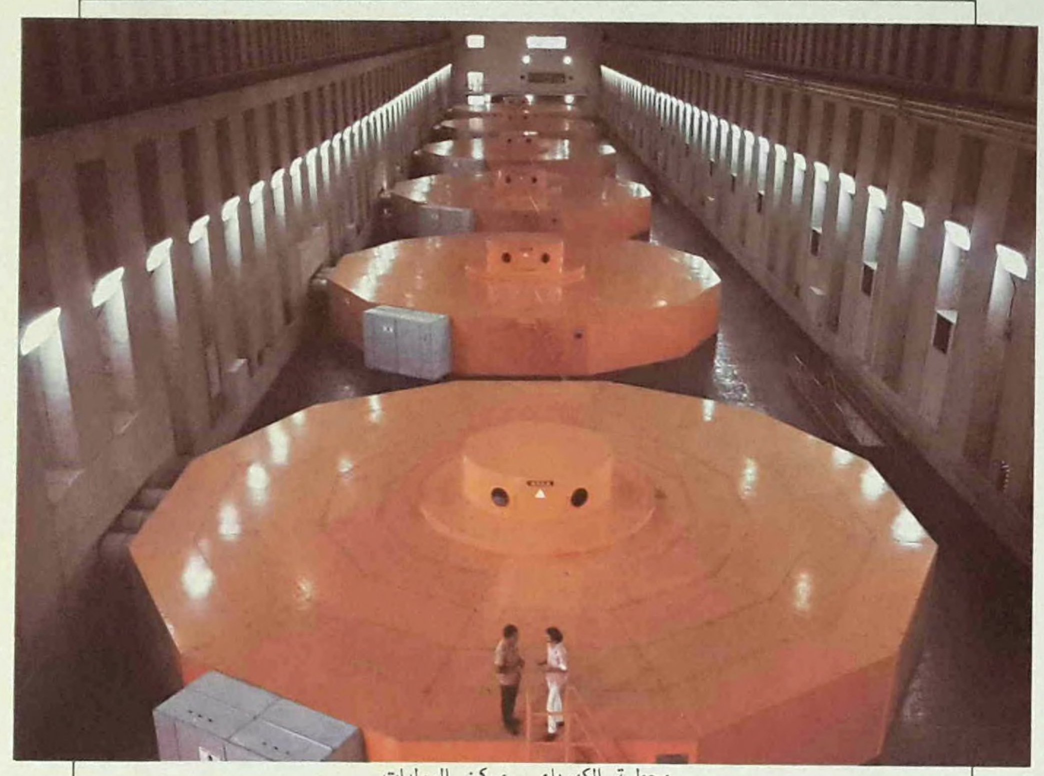
يتيح الاكتشاف العلمي بشكل مستمر تحقيق المزيد من التقدم في التطبيق فيؤدي ذلك الى تغيير مستمر في التقنية والى المزيد في تطورها. وبالمقابل ، تعمل الصعوبات التي يواجهها التقنيون في تطبيق المعلومات العلمية المتوفرة على حث العلماء بشكل مستمر ودفعهم الى التصدي للتحدي المطروح .

في العديد من الممارسات التطبيقية ، يسير العلم المجرد والعلم التطبيقي جنبا الى جنب ، ويقوم كل منهما بمساعدة الآخر على تطوير المهارات والجهود اللازمة . ومن ناحية أخرى ، فان الفترات التي تشهد تقدما سريعاً في أحد حقول العلم من شأنها أن تعطي حافزاً هاماً للعلماء في حقول العلم الأخرى لتحقيق تقدم في ميادينهم .

لا شك ان حدود العلم تتسع باستمرار ، وهذا يشكل تحديا مستمرا للتقنيين لكي يستخدموا المعرفة الجديدة بطريقة عملية . فالكرة الأرضية التي يتزايد سكانها بسرعة تحتاج الى مصادر للغذاء متزايدة بسرعة . وهذه الحاجة لا تشكل حافزا للمزارع لكي يزيد انتاجه ويرفع من فعاليته فحسب ، بل تؤثر ايضا في عمل عالم النبات كي ينتقي ويحسّن بذار الحبوب والخضار بحيث تعطي غلّة أكبر . كما تدفع عالم التغذية لتطوير اساليب زراعية تلائم مناطق جغرافية معينة . والعالم البيولوجي لتطوير أنواع من المواشي أكثر ملاءمة لانتاج الغذاء . والعالم الكيميائي لاكتشاف منتجات من شأنها أن تزيل الاضرار التي تنزلها الحشرات والجراثيم في المحاصيل او لصنع مواد غذائية من مواد معدنية ، والمهندس ايضا لتطوير آلات من شأنها تسهيل العمل الزراعي أو لادخال تحسينات على اساليب الري . ولعل حاجة الانسان للبقاء ورغبته في السيطرة على محيطه يشكلان اكبر حافز للتقدم التقني والاختراع .

نمو التقنية

تطورت التقنيات المبكرة بدافع من حاجة الانسان للبقاء . فالقلة المبعثرة من الرجال الأوائل في العصور الحجرية لم تطوّر الا القليل



محطة الكهرباء - مركز المولدات العنفية في احدى المحطات الكهرمائية.

مما يمكن اعتباره أساليب للسيطرة على محيطها. ولكن كان على هؤلاء الرجال أن يملأوا بطونهم أولا، وهذا ما دفعهم الى أن يقوموا ببعض الدراسات حول تغير الأجواء المناخية والمواسم والتربة وتأثير ذلك في قدراتهم على تحصيل الغذاء. ولكونهم كانوا كثيري التأثر بالبرد، فقد سكنوا الكهوف وطوّروا المساكن واستغلوا ظاهرة النار.

ان صنع النار والسيطرة عليها واطفائها بالماء والالمام بأن استخدام حرارتها من شأنه أن يغير الشكل المادي للمواد الطبيعية أو يصهرها كانت من الملاحظات البسيطة الضرورية لتطوير الأدوات والاسلحة غير الحجرية التي مكّنت الانسان من أن يزيد سيطرته على محيطه الطبيعي.

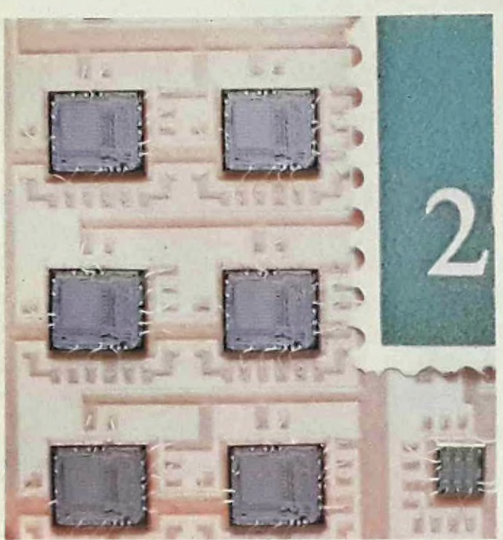
ان حاجة الانسان للغذاء التي دفعته الى تدجين الطبيعة بنباتها وحيوانها قد جاءت أيضاً نتيجة تطبيق ملاحظات بسيطة، فاذا زرعت بذار منتقاة في أراضٍ منتقاة، فان ذلك يزيد مصادر الغذاء ويسهل عملية جمعه، كما ان تجميع الحيوانات في قطعان يزيد من فائدتها للانسان. والرغبة في المحافظة على القطعان،

وهي تنتمي جوهريا الى حياة البداوة . أدت الى بروز المستوطنات الجديدة المؤقتة . وهذه المستوطنات بدورها جعلت الانسان ملماً باحتياجات جديدة . فبعد سد الحاجة الى الغذاء . توفر للبشر المزيد من الوقت الحر الذي يمكن استغلاله لمبادلة الفوائض الغذائية ولتطوير حرف ومهارات جديدة .

هذه الأمثلة على التطبيق المبكر لملاحظات الانسان للظواهر الطبيعية لحل مشاكله العملية وتحسين معيشته تثبت ، على الرغم من بساطة الأمثلة التي أوردت ، ان التقنية قد ظهرت قبل ٢٠٠٠٠ سنة على أقل تعديل . ان جميع المواد المتطورة والآلات ووسائل الاتصال والمنتجات التي نستمتع بها اليوم قد جاءت نتيجة آلاف السنين من الاختبار والا بتكار . فالمواد الحديثة قد أصبحت متوفرة بسبب الحاجة الى أداء أفضل ، بدءاً من استخدام الأسلحة الحجرية والصوانية والعظمية ومرورا بالاسلحة البرونزية والحديدية ، الى تطوير أساليب صهر المعادن ومزجها وصبها وسكبها وأساليب صنع الفولاذ .

ان سرد منجزات العلوم التطبيقية عملية لا تنتهي ، بغض النظر عن ميدان العلوم الذي نختاره . كما انه لا يمكن وضع هذه المنجزات ضمن حدود زمنية . فالتقدم في التطبيق هو نتيجة فروع مختلفة من فروع العلوم والآداب تترابط فيما بينها وتؤمن لبعضها البعض الدوافع المشتركة والتطوير المشترك . والتقدم في أي فرع من هذه الفروع يحتاج عادة الى تقدم في فرع آخر ، كما ان توجيه التطوير في أية مرحلة معينة يتأثر بشدة بمدى التركيز على أولوية الأمر المطلوب . فحدوث نقص في مادة طبيعية معيّنة يحتم التركيز على الحاجة الى مواد بديلة . وقد تمكن الانسان ، بفضل قدرته المتزايدة على صنع المواد ، من فتح مجالات جديدة لا حصر لها للتقدم التقني . فبسبب التسهيلات التي تؤمنها اجهزة القياس والتحليل الدقيقة ، باتت معرفة عالم الكيمياء بتركيب الذرات وترتيبها متقدمة جدا وتسمح باعادة ترتيب الذرات للحصول على خواص جديدة في المادة . وبهذه الطريقة ، تتوفر الآن مواد تشكل ، في أسوأ الحالات ، بدائل مقبولة يكون لها ، في أحسن الحالات ، مجموعة من الخواص أفضل من خواص المادة التي حلت محلها . وبهذا تنشأ صناعات جديدة ويتعدل الطلب على المواد الطبيعية ليأخذ بعين الاعتبار وفرتها وموقعها وتكاليفها .

ان النواحي الاقتصادية المرافقة لتحقيق هدف ما هي كذلك من القوى التي تخلق التغيير وتحث على التطوير ، كما هي القوى الاجتماعية ايضا . فاستهلاك الأخشاب اليوم هو أعلى بكثير من معدل الزيادة في انتاج الأخشاب ، وتقوم عوامل الوفرة والكلفة بالتشجيع على انتاج مواد أكثر تنوعا ، على غرار اللدائن البلاستيكية التي يمكن انتاجها بكلفة



هذه الدوائر المتكاملة تشكل جزءا من ذاكرة احد العقول الالكترونية وهي صغيرة حتى بالمقارنة مع طابع بريدي.

أقل وبسهولة أكثر.

ان تطوير صناعة اللدائن البلاستيكية - باستخدام النفط كمادة خام، وهي المادة التي أتاح التقدم التقني استخراجها بكميات متزايدة - قد خفّض الحاجة الى الأخشاب وأدى الى زيادة كبيرة في استهلاك النفط، الذي حل بدوره محل الفحم. واكتشاف الكيميائيين لأساليب تتيح جمع الذرات البسيطة للهيدروكربون - أي وصل عدة ذرات مع بعضها البعض بغية ايجاد مواد جديدة لها خواص أفضل من سواها - يعتبر من الاكتشافات الرئيسية في هذا القرن. والخطوة الرئيسية التي أدت الى انتاج مادة البوليثين كانت التجربة التي كان مشكوكا في نجاحها والتي أجرتها شركة «امبريال كميكال اندستريز» بين العامين ١٩٣٥ و ١٩٣٩ والتي اخضعت فيها مادة الأثيلين لضغط مقداره عشرة أضعاف مقادير الضغط التي كانت تستخدم في السابق، فولدت بذلك المادة الشمعية الصلبة.

ان هذا الاختبار الذي قام به علماء الكيمياء العضوية والمهندسون الكيميائيون قد أدى الى اكتشاف مادة بلاستيكية جديدة لها خواص مثيرة للاهتمام وصالحة للاستغلال.

ان خاصة العزل الكهربائي لمادة البوليثين قد أمّنت حلًا لعدد من الصعوبات التي واجهت أولئك الذين سعوا لتطوير اجهزة الرادار، ولاسيما الأجهزة المحمولة جوا التي يجب ان تكون متينة وصغيرة الحجم وخفيفة الوزن وقادرة على العمل بجهد وتردد مرتفعين جدا. وفي السابق، لم تتوفر أية مادة تلبي هذه الشروط، ولهذا السبب أتاح تطوير مادة البوليثين المزيد من التطوير في الفروع الأخرى للتقنية، ولاسيما على صعيدي الرادارات واجهزة الاتصال البرقي، وأسهم، مع المواد البلاستيكية العازلة

للحرارة ، في تطوير عدد من الاساليب والمعدات لانتاج الصفائح والأفلام والقوالب . هذا مجرد مثال واحد على التأثير الذي يحدثه تحقيق اكتشاف واحد على عدد من فروع العلم الأخرى .

الاعتبارات الهامة بالنسبة للمستقبل

من نافلة القول ان الموارد المادية للعالم محدودة وأن وفرة المواد اللازمة للانتاج الصناعي آخذة في التناقص . كما يجوز التكهن بأن الطلب على منتجات الصناعة ، وهو من الأمور الحيوية لمستويات المعيشة ، مستمر في التزايد . فمع أن السلع الأكثر تطوراً تتوفر الآن لغالبية سكان الدول الصناعية ، فلا يزال هناك ملايين من البشر في الدول النامية لم تتوفر لهم للآن فرصة التمتع بمنافع هذه السلع ، أو حتى مشاهدتها . بالاضافة الى ذلك ، يتزايد سكان العالم بسرعة ، وهذا ما يزيد من احتمالات تزايد الطلب أكثر فأكثر . وعلى الأرجح ، فان حاجة البشر المستمرة والمتزايدة للغذاء والدفء والمأوى والثياب والصحة ستظل الدافع الرئيسي للتغيير ، وان جهود العلماء ستستمر في التوجه نحو تلبية هذه الحاجات .

مع نضوب المواد المعدنية المعروفة ، يزداد البحث عن موارد جديدة ، وسيضطر البشر الى اكتشاف الأماكن الصعبة في أعماق الأرض والبحار . وقد يشعر المرء ببعض الاطمئنان عندما يتذكر أن ثمة مناطق شاسعة من الأراضي لم تكتشف بعد جيولوجيا بشكل تام وان المياه تغمر ثلثي مساحة الكرة الارضية - وهي مناطق تكاد تكون غير مكتشفة البتة . لكن اكتشاف المزيد من الحديد والفحم والنفط والنحاس والقصدير وسائر المواد سيستلزم توسيع التقنية الراهنة بحيث تتناول وتشمل عمليات استخراج المعادن من أعماق البحار ، وهذا بدوره قد يستدعي بناء مساكن تحت الماء لإيواء العمال والمعدات . وبالمقابل تستمر التقنيات الأخرى في ايجاد البدائل الاصطناعية المتوفرة بشكل طبيعي .

ان الكميات الاضافية من الغذاء التي سيحتاجها العدد المتزايد من السكان من شأنها أن تزيد في أهمية التقدم الذي قد يطرأ على اساليب انتاج الغذاء . ومن المحتمل أن التركيز سينصبّ على اجراء المزيد من العمليات التطبيقية في علوم الكيمياء والأحياء والنباتات بغية التعجيل في عمليات النمو والحد من انتشار الأمراض في النباتات والحيوان . بالاضافة الى زرع المحاصيل في اراض بكر (وهذا أمر قد تتيحه تحسينات في أساليب الري والزرع مما من شأنه أن يزيد في عدد المواسم ويرفع غلة المحاصيل) .

من شأن الاحتياج المُلح لامدادات الطاقة أن يشجع على الحصول عليها بواسطة أساليب أخرى . فالامدادات المحتملة من الموارد النووية تبدو غير محدودة ، والاعتماد عليها في الوقت

الحاضر بدرجة محدودة فقط يرجع الى ان التقنية الراهنة ما تزال تبحث عن الاساليب اللازمة لحماية جميع أشكال الحياة من خطر الاشعاعات .

أما الحافز على الاستمرار في الجهود في حقلي الطب والصيدلة ، فيرجع الى الرغبة في صحة أفضل والى شعور جميع البشر بضرورة تخفيف الآلام . فالتطبيب الكيميائي ما يزال في المهد كعلم ، والعلوم الطبية - في كلا الصعيدين الوقائي والعلاجي - تتقدم بسرعة . وما يطرأ حالياً من تحسينات في أساليب الجراحة والقيام بالمزيد من عمليات زرع الانسجة قد تسهم في اطالة أعمار البشر ، وهذا سيؤدي بدوره الى تزايد الطلب على كل شيء آخر .

أدت بعض التحسينات في التقنية الحديثة الى نتائج عكسية ، وخصوصا على صعيد زعزعة الحياة الاجتماعية وتزايد التلوث والضجيج . فالضجيج الناتج عن آلات المعامل والسيارات والطائرات النفاثة قادر لوحده ، في بعض الأحيان ، على أن يشكل خطرا على الصحة . ويبذل المصممون أقصى الجهود لتخفيض ضجيج هذه الآلات دون أن يحدوا من فعاليتها . وتعتبر النفايات الكيميائية والنووية - التي تأتي من المصانع أو السيارات أو الشاحنات - مصدرا آخر من مصادر الخطر على الصحة العامة وتشكل تهديدا لاستمرار بعض أشكال الحياة البرية .

وهنا أيضا ، يستطيع التقنيون ابتكار عمليات من شأنها تخفيض خطر هذا التلوث أو ازالته كلياً . وعلى سبيل المثال ، يصار حالياً الى اضافة أحد مركبات الرصاص (وهو من المواد المسببة للتلوث) الى البنزين لرفع العدد الاوكتاني لمحركات السيارات . ومن الممكن ازالة هذا الرصاص والحصول على وقود بنات الدرجة من الجودة ، وان بسعر أعلى . لكن اصحاب السيارات لن يستعملوا هذا الوقود الا اذا كانوا مستعدين لدفع سعر أغلى لبنزين سياراتهم.

ومع أن الدافع للتقدم سيبقى نتيجة لحاجة العدد المتزايد من السكان الى المزيد من المواد ، فان الفضول ، أي السعي للمزيد من المعرفة والفهم ، هو من طبيعة البشر . وقد سبق وان تمت رحلات عظيمة لاكتشاف الفضاء وتمّ استجلاب مواد من سطح القمر الى الأرض . كما تمّ الحصول على أدلة تصويرية على طبيعة أراض وأجواء بعض الأجسام السماوية البعيدة وذلك بفضل التقدم الذي تحقق على صعيد النقل وأساليب التصوير وعمليات التحكم من بعد ، وهو تقدم لم يكن ليحلم به أحد .

ولربما تمكن الانسان في يوم من الايام ان ينظم هذه المهارات بطريقة تتيح له ان يكتشف هل الأرض التي يعيش عليها ، في هذا الكون الذي يحتوي على ملايين الأجرام السماوية ، هي الجرم السماوي الوحيد القادر على حفظ الحياة بالشكل الذي يدركه .

التقنية البدائية

لعل اول حدث في تاريخ التقنية (التكنولوجيا) كان صنع أول فأس حجرية قبل اكثر من مليون سنة . وثمة انجاز آخر حققته تقنية ما قبل التاريخ ، هو السيطرة على النار لتقسية أطراف الأدوات والاسلحة الخشبية . لكن ما كاد العصر الحجري القديم ينطوي قبل عشرات آلاف السنين ، حتى كانت الادوات المصنوعة بيد الانسان من الحجارة والقرون والعظام والخشب قد بلغت مستوى رفيعا من الاتقان .

التقدم في تقنية العصر الحجري الحديث

مع حلول العصر الحجري الحديث واستقرار الانسان في مكان واحد ، برزت



(١) كوّنت الادوات الزراعية (أ) المستعملة للقطع والحصد حلقة متصلة عبر العصور . كان المصريون يستعملون في بادىء الامر مناجل خشبية لها حد صوّانيّ . وفي ما بعد مناجل من البرونز . في القرون الوسطى اصبح المنجل معكوفا وركّب في مقبض خشبي . وكان الحصادون (ب) في ذلك العصر يستعملون اما مناجل ذات مقبض قصير او حاصدات . حتى ظهرت مع الزمن الحاصدة الفلامنديّة التي لا تزال مستعملة حتى يومنا .

(٢) ـ كان الصاغة الاغريق (أ) يصنعون حلى دقيقة من الفضة منذ القرن الثامن ق . م . كانت هذه الفضة ، التي شكلت في ما بعد جزءا من ثروة اثينا الديموقراطية الطائلة ، تستخرج كليا على ايدي العبيد . في العهد الروماني ، شمل استخراج المعادن الامبراطورية بكاملها . وقد تجمع الحدادون الرومان (ب) في نقابات قوية عرفت بنقابات الحدادين . لا تبدو اكثر ادوات الحدادة القديمة ، باستثناء الاكوار المفتوحة ، غريبة على حدادي اليوم .

(٣) ـ كان السلتيون في عهد ما قبل التاريخ اول من بيطروا خيولهم . لكن النضوات الحديدية الثقيلة لم تكن شائعة الاستعمال في اوروبا في القرون الوسطى . تختلف اشكال النضوات باختلاف الحضارات ، ولم تتخذ شكلها النهائي الا في اواخر القرن التاسع عشر .

(٤) ـ كان البناؤون في القرون الوسطى ، واكثرهم كانوا يعملون في بناء الكنائس والكاتدرائيات ، من نخبة العمال . وكانوا يشكلون نقابات على غرار نقابات الحدادين الرومان .

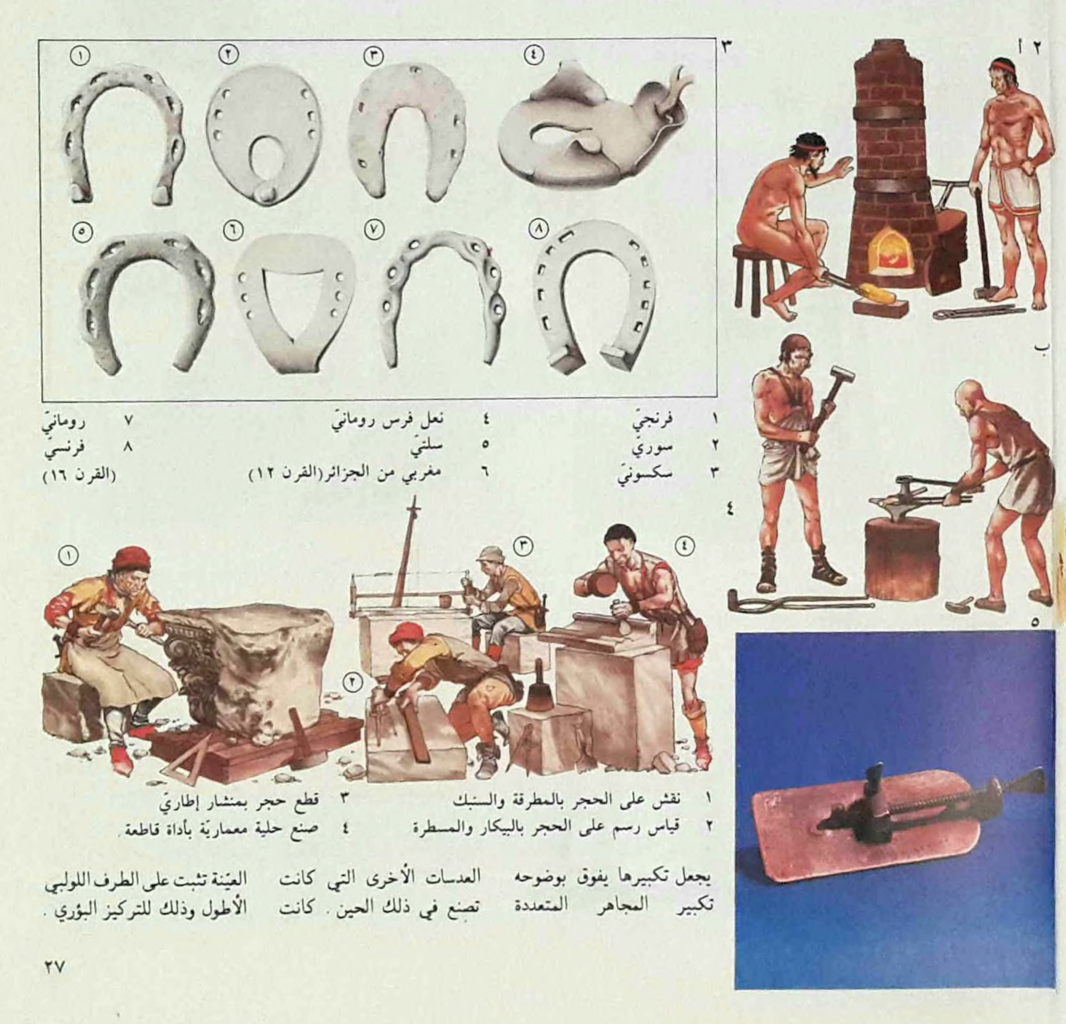
(٥) ـ هذا المجهر ، الذي صنعه الهولندي انطون فان لوونهوك (١٦٣٢ ـ ١٧٢٣) ، كان يعتبر مثالا للدقة في القرن السابع عشر . كان له عدسة واحدة مثبتة بين صفيحتين ومصقولة صقلا

الحاجة الى تقنية تتعدى صنع الادوات والاسلحة والثياب.

بدأ التطور التقنيّ يتقدم بسرعة منذ حوالى ٥٠٠٠ سنة ق. م.، خصوصا خلال الألف سنة اللاحقة عندما نشأت حضارة المدن في ما بين النهرين. كانت من بين المظاهر الرئيسية لهذا التطور المحاريث التي كانت سككها حجرية في بادىء الامر ثم اصبحت برونزية، والمزالج للنقل، والابنية المشيّدة من الآجر او الطين المشوي.

في عام ٣٥٠٠ ق. م، كان عدد من المدن قد انشىء في ما بين نهري دجلة والفرات. وبعد ذلك بقليل، ظهرت عجلات الخزّافين وعجلات العربات. وقام السومريّون ايضا بعمليات جرد لممتلكاتهم في اولى السجلات المكتوبة بالاحرف المسمارية المنقوشة على الآجُرّ.

بلغ الفن المعماري في ما بين النهرين



١ فرنجيّ
٢ سوريّ
٣ سكسونيّ
٤ نعل فرس رومانيّ
٥ سلتيّ
٦ مغربي من الجزائر (القرن ١٢)
٧ رومانيّ
٨ فرنسيّ (القرن ١٦)

١ نقش على الحجر بالمطرقة والسنبك
٢ قياس رسم على الحجر بالبيكار والمسطرة
٣ قطع حجر بمنشار إطاريّ
٤ صنع حلية معماريّة بأداة قاطعة.

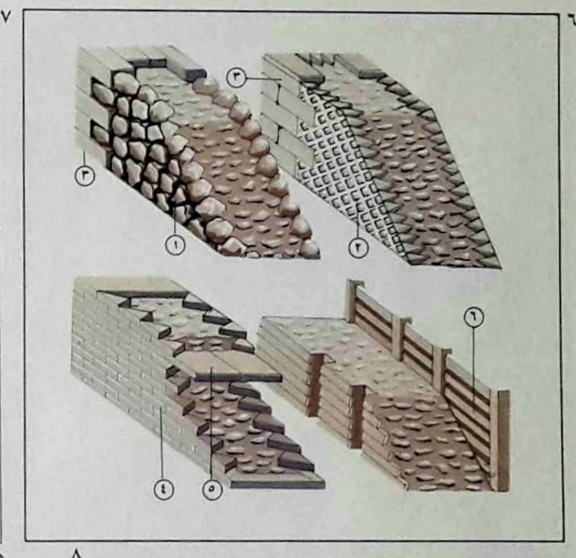
يجعل تكبيرها يفوق بوضوحه تكبير المجاهر المتعددة العدسات الأخرى التي كانت تصنع في ذلك الحين. كانت العيّنة تثبت على الطرف اللولبي الأطول وذلك للتركيز البؤري.

ذروته في الزّكورات ، وهي ابنية ضخمة مدرّجة مبنيّة بالآجرّ . غير ان المصريين كانوا قد سبقوا السومريين الى تشييد ابنية اضخم من ابنيتهم وكانت من حجر . فهرم خوفو ما يزال قائما ، ويبلغ ارتفاعه ١٤٨ م ، ويشغل مساحة ٥ هكتارات ، ولم تُقصّر دقة تصميمه وبنائه عن الكمال الا بكسر صغير من السنتمتر . انه من اروع الاعمال الهندسية ، وقد تم بناؤه بدون اللجوء الى العجلات .

ونحن لا نعلم حتى الآن نوع الادوات والآلات التي استعملها المصريون القدماء لنقل الحجارة الضخمة عبر الاراضي ولرفعها الى اماكن عالية في المباني التي كانوا يشيدونها .

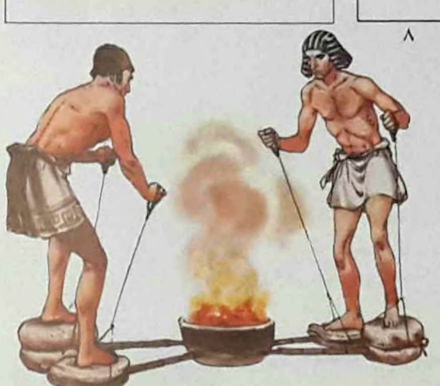
بدأت حضارات اخرى تبرز بعيدا عن الشرق الاوسط ، وكانت لها انجازاتها التقنية الخاصة . فقد نشأت صناعة الحرير في الصين القديمة قبل ما يقل عن ٢٠٠٠ سنة ق . م ، لكنها لم تصل الى الغرب الا في القرن

٦



٧

٨



(٦) ـ كانت الجدران التي يبنيها الرومان مؤلفة من حجارة صغيرة مطلية بالملاط (١) . ثم ظهر البناء الشبكي (٢) ذو الشكل المائل . وكانت لهذه الجدران زوايا خارجية عمودية مدعومة بحجارة (٣) . وكان لنوع آخر من البناء (٤) كساء من الآجرّ غالبا ما يدعمه القرميد (٥) . اما جدران الاساسات ، فكان يدعمها هيكل خشبي (٦) يفك بعد ان يكون الملاط قد جف .

(٧) ـ اصبحت المناجم اكثر عمقا واسهل استثمارا عندما اصبح بالامكان تفريغها من مياهها . في هذا المنجم ، الذي يعود الى القرن السادس عشر ، سلسلة من المضخات الرافعة (١) الشبيهة بمضخات القرى المرتبطة برافعات (٢) والتي تديرها

السادس ق . م . اما حضارة الهندوس (٢٣٠٠ الى ١٧٥٠ ق . م) ، فقد شيدت مدينتي هارابا وموهنجدارو في شمالي الهند اللتين كانتا تتألفان من مجموعات واسعة من البيوت والاهراءات والآبار ، وقد جُهّزتا بأول شبكة لتصريف المياه والاقذار .

في هذه المدة من الزمن ، لم تعرف اوروبا وافريقيا (باستثناء مصر) واجزاء كبرى من آسيا تقدما تقنيا الا في اماكن محدودة . فقد ظهرت في امريكا الجنوبية حضارة متطورة خاصة بها ، ولكن ذلك لم يحدث الا بعد الفي سنة .

٩ نواعير مائية سفليّة الدفع (٣) يحركها مجرى ماء طبيعي او مجرى محول لهذه الغاية .

(٨) ـ تشكل السيطرة على النار اساس التقنية . فقبل ٣٠٠ سنة ق . م . كان النحاس والقصدير الخام يصهران على نار من فحم الحطب ويكرران ويمزجان لتوليد البرونز . بعد ذلك بألفي سنة ، كانت الأواني الحديدية تصنع في مصر وفي بلدان أخرى وفقا لتقنية تعود الى الحثيين . لم يكن بامكان النار ان تصهر الحديد ، حتى مع الاستعانة بمنفخ كالذي يرى هنا ، لكنه كان يُحمى حتى يحمرّ وعندئذ يُطرق وتُصنع منه حلى وأدوات مختلفة .

(٩) ـ كان الميزان الحراري الدقيق ، الذي اخترعه ج . أ . ديوك حوالى عام ١٧٦٠ ، يحتوي على صفيحة من النحاس (١) تنزلق على طول مقياس مدرّج (٢) بواسطة لولب (٣) لتأمين قراءة دقيقة . عندما كانت حرارة السائل الموجود في الداخل ترتفع ، كان هذا السائل يفيض ويصب في اناء (٤) . وكان الجهاز بكامله يرتكز على حاملة (٥) .

السيطرة على المواد

نمت التقنية القديمة اذن بطفرات متقطعة وفي اماكن محدودة من العالم . ومما يدعو الى الدهشة ان الاغريق ، الذين تفوقوا على كثير من الشعوب القديمة في العديد من النواحي ، لم يحرزوا تقدما ملحوظا في حقل التقنيات . فمع ان اهتمامهم بالقضايا الفلسفية والعلمية كان شديدا ، فالاختراعات والصناعة لم تحظ بقسط وافر من عنايتهم . قبل الاغريق بالف سنة ، كان الحدادون الحثّيون في ما بين النهرين يتعاطون صناعة الحديد التي ورثتها عنهم مدنيّات عديدة لاحقة (٨) .

بعد ظهور الاسلام عام ٦٢٢ م اصبح العرب اصحاب الافكار العلمية ، لكنهم ، على غرار الاغريق ، كان ابتكارهم التقني العملي اقل من ابداعهم الفكري النظري . ومع ذلك ، كانت لهم اختراعات هامة في ميادين الافلاك (من مساطر وبراكير) والمعالجة الجراحية للامراض (من آلات البضع وسواها) .

تقنيات عصر النهضة

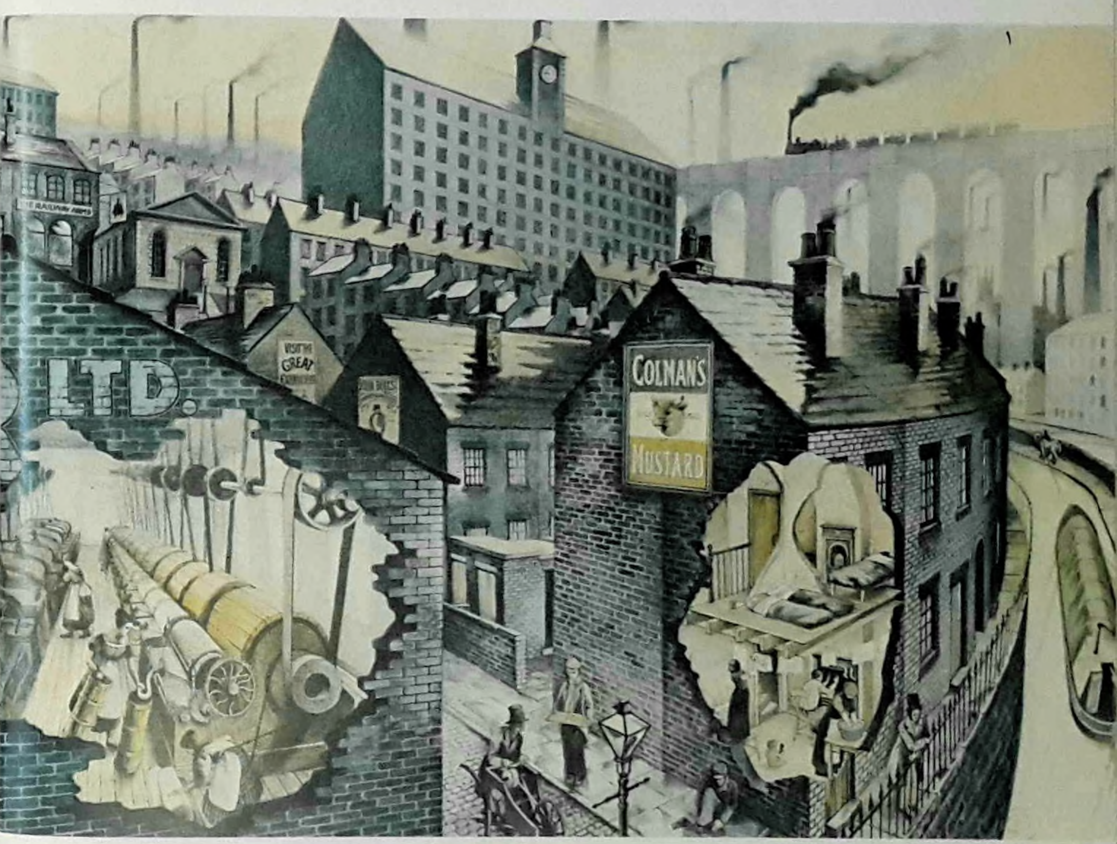
في حوالى عام ١٤٥٠ ، كانت مطبعة يوهانس غوتمبرغ تعمل ناشطة في المانيا ، وكانت الانهار الاوروبية تزخر بالنشاط التجاري ، وكانت اول افران صهر المعادن تنتج الحديد . وفي القرن السادس عشر ، جاءت اجهزة لتصريف المياه والتهوية تحسّن ظروف استخراج المعادن (٧) . كان هذا العصر ايضا عصر مرقاب (تلسكوب) غليليو وغير ذلك من الادوات العلمية (٥ و ٩) .

التقنية الحديثة

كانت التغيرات الاجتماعية العميقة التي حصلت في القرن الثامن عشر هي الاحداث الكبرى التي وجهت العلم وعالم التقنيات الاتجاه الذي يسيران فيه اليوم. احد هذه الاحداث كان الثورة الفرنسية والحدث الثاني الثورة الصناعية .

عصر الثورة

ركزت الثورة الفرنسية على الحاجة الى سلوك عقلاني في النشاطات البشرية ، فدفعت بذلك علم الحساب والرياضيات دفعا قويا الى الامام . وقد حمل هذا الموقف الفرنسي الجديد العالم الرياضي الانجليزي تشارلز بابيج (١٧٩١ - ١٨٧١) على صنع أول



(١) - ظهرت الثورة الصناعية في بريطانيا في القرن التاسع عشر . فقد كان باستطاعة ذلك المجتمع الصناعي الاول في العالم القائم على الفحم الحجري والحديد والمحركات البخارية ان يدعي في منتصف القرن التاسع عشر بانه « مصنع العالم » . وان ينظم

آلة حاسبة حديثة .

اما الثورة الصناعية (١) ، فقد اثارت مشاكل جديدة ، لكنها تميزت باعتمادها الكبير على الفحم الحجري والحديد وعلى المحرك البخاري الذي اخترعه توماس نيوكومِن (١٦٣٣ - ١٧٢٩) وجيمس وات (١٧٣٦ - ١٨١٩) (٤) . وهكذا وجدت الصناعة نفسها امام امكانات لا حد لها من الطاقة ، مما جعل مشكلة طبيعة القوة والطاقة تغدو من اولى اهتمامات العلم . كذلك خلقت الثورة الصناعية الحاجة الى معرفة خصائص المواد التي كانت تعالجها ، فكان ذلك حافزا جديدا لتطوير الكيمياء . كل هذا جعل البشرية تدرك انها امام امكانية تغيّر اساسي .

نشّطت الثورة الصناعية البحث عن مبادىء الحركة وعلاقتها بظاهرات اخرى كالكهرباء ، فاستنبط مايكل فارادي (١٧٩١ - ١٨٦٧) فكرة المجال الكهرطيسي لتفسير

٢

٣



معرضا عظيما للتجارة والصناعة في القصر البلّوري في هايد بارك بلندن عام ١٨٥١ . كانت المدنية الصناعية احدى نتائج هذا التصنيع ،وهي النتيجة التي ربما أثرت في مجرى حياة الناس اكثر من اي شيء آخر في ذلك العصر .

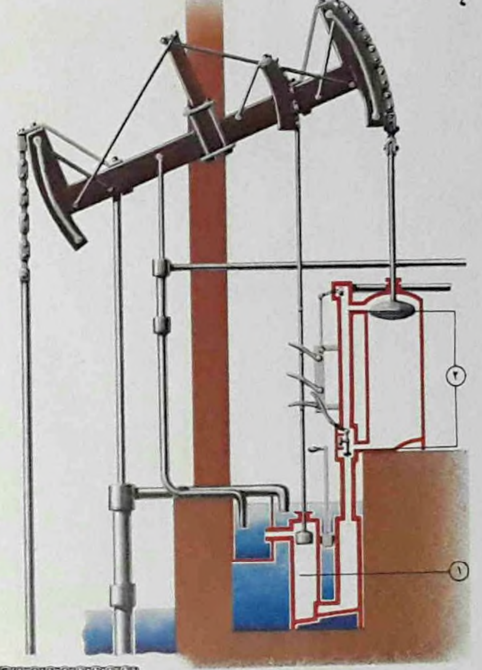
تُرى هنا (الى اليسار) آلات التسريح والغزل . وكانت مسابك الحديد تصنع كل شيء من القدور والمقالي الى العارضات الكبيرة والروافد وحتى الآلات ذاتها . غير ان الآلات والمنتجات تظل بدون فائدة ما لم تؤمن لها وسائل نقل فعالة . فجاء تحسين مجاري المياه الطبيعية ثم حفر مئات الكيلومترات من الأقنية (الى اليمين) يؤمن شبكة للنقل ربطت بين المراكز الصناعية الكبرى . وقد اكملت السكك الحديدية وسائل النقل .

(٢) - شكل اختراع محرك نيوكومن (١٧١٢) البخاري تقدما ملموسا بالنسبة الى آلة سافري التي سبقته ، مع انه لم يكن هو ايضا سوى مجرد مضخة . كان الكباس (١) يدفع الى فوق بفعل ضغط البخار وثقل آلية الضخ ، وكان تيار من الماء (٢) يكثّف البخار فيحدث فراغا « يشرق » الكباس الى اسفل . كان هناك مرجل (٣) لتوليد البخار وخزّان (٤) تغذيه مضخة ثانوية (٥) لتأمين الماء البارد .

(٣) - كان بناء أول جسر من الحديد المسبوك فوق نهر سيفرن في مدينة كولبروكديل بانجلترا عام ١٧٧٩ من اولى الامثلة على استخدام الحديد كمادة للبناء . كانت الوسيلة لانتاج الحديد باثمان زهيدة بناء الافران العالية الحرارة وعملية صهر الحديد باستخدام فحم الكوك بدلا من الفحم الحجري . هذه العملية التي جاء بها عام ١٧٠٩ في مدينة كولبروكديل ايضا الانجليزي ابراهام داربي (١٦٧٨ - ١٧١٧) .

الحركات التي يحدثها التيار الكهربائي ، كما شرح مبادىء الدينمو والمحركات الكهربائية . ومع ظهور محطات توليد القوة ، اصبح بالامكان توليد الكهرباء وتوزيعها .

ركز بعض العلماء الرواد اهتمامهم على استنباط قوانين الديناميات الحرارية (الترموديناميك) ، اي الفرع من الفيزياء المتعلق بالعمليات التي ترافقها تغيرات الحرارة . وقد جاء سادي كارنو (١٧٩٦ ـ ١٨٣٢) بنظرية رياضية لتفسير دورات تغيرات الحرارة في المحركات البخارية ، بعد ان كان جيمس وات قد تحقق من تلك النظرية بطريقة اختبارية . وقد قاس جيمس جول (١٨١٨ ـ ١٨٨٩) معدل المقابل الميكانيكي للحرارة (اي مقدار الطاقة الميكانيكية التي تولّدها كمية معينة من الحرارة والعكس بالعكس) ، كما شرح العلاقات القائمة بين اشكال الطاقة الأخرى .



(٤) ـ كانت آلة جيمس واط (حوالى ١٧٧٠) ايضا تكثف البخار بواسطة الماء ، ولكن في مكثّف منفصل (١) . هذه التقنية وتقنية ادخال البخار الى جانبي الكباس (٢) زادتا كثيرا في مردود المحرك البخاري ، فضاعفتا فاعليته بفضل عملية دفع الكباس في اتجاهين . وسرعان ما طور واط هذه الآلة لاحداث حركة دورانية تستخدم في آلات غير المضخات .

(٥) ـ احدثت الآلات الجديدة ثورة في الزراعة ايضا . فبفضل الحاصدة التي اخترعها السكتلندي بتريك بل عام ١٨٢٨ والتي كان يجرها جوادان ، اصبح بالامكان حصد فدان من القمح في مدى ساعة . كان ترس مخروطي كبير على المحور الرئيسي يدفع الى الامام جذعا سريع الحركة يشغّل سواعد جذع آخر وقضيبا للقطع متأرجحا . وكان هناك سير على الجذع ذاته يدير شفرات آلة للتجميع لدفع القمح الى الشفرات . وكان سير جانبي يدفع القمح المحصود الى جانب الحاصدة .

٥

من هنا نشأ مفهوم « بقاء الطاقة » ، وهو مبدأ اساسي في الفيزياء مفاده ان « الطاقة لا تحدث ولا تفنى بل تتحوّل » .

جاء جيمس كليرك مكسول (١٨٣١ - ١٨٧٩) فوضع في معادلات للمجال الكهرطيسي آراء فارادي حول خطوط القوة العاملة في الفضاء ، مبيّنا ان الموجات الضوئية هي احد اشكال الموجات الكهرطيسية ، ومستنتجا من ذلك امكان وجود اشكال اخرى مختلفة من الموجات الضوئية . وقد اكتشف هينريش هرتز (١٨٥٧ - ١٨٩٤) حوالى عام ١٨٨٧ احد هذه الاشكال المستعملة اليوم في الراديو .

تطورت الكيمياء الحديثة ، التي قام انطوان لافوازييه (١٧٤٣ - ١٧٩٤) بدور رئيسي في تأسيسها ، بشكل خاص في المانيا على يد يوستوس فون ليبيغ (١٨٠٣ - ١٨٧٣) الذي تلقّى دروسه الكيميائية الأولى في باريس . وتبعه اوغست هوفمان (١٨١٨ - ١٨٩٢) الذي عمل مدة طويلة في انجلترا . وكان لهوفمان في مختبره بلندن تلميذ هو وليم بركين (١٨٣٨ - ١٩٠٧) الذي اكتشف في الثامنة عشر من عمره اول صباغ كيميائي اصطناعي بنفسجي ادى الى تأسيس مصانع صباغ الانيلين المصنوع من قار الفحم . وكان ذلك بداية الصناعة الكيميائية الحديثة .

العلم الحديث



تبع اكتشاف هرتز للموجات الكهرطيسية الطويلة اكتشاف فلهلم رونتجن (١٨٤٥ - ١٩٢٣) لموجات كهرطيسية قصيرة عام ١٨٩٥ اطلق عليها اسم الموجات السينية ، وقد جاءت مفاجأة للفيزيائيين . على اثر ذلك ، بدأت على الفور بحوث عن موجات جديدة اخرى ، وفي عام ١٨٩٦ اكتشف انطوان بكريل (١٨٥٢ - ١٩٠٨) ان الاورانيوم يبث نوعا جديدا من الاشعاع . تابعت ماري كوري (١٨٦٧ - ١٩٣٤) وزوجها بيار كوري (١٨٥٩ - ١٩٠٦) هذا البحث ، وبيّنا في عام ١٨٩٧ ان هناك مصادر اقوى للاشعاع من ذلك النوع في عنصرين جديدين سمياهما البولونيوم والراديوم . وفيما كانت هذه الدراسات تتابع سيرها ، كان علماء آخرون يبحثون في كيفية انتقال الكهرباء في الغازات . فاكتشف جوزف طومسون (١٨٥٦ - ١٩٤٠) عام ١٨٩٧ الالكترون ، هذا الاكتشاف الذي ادى الى اختراع انبوب الاشعة الكاثودية والصمامات والى نشوء علم الالكترونيكا برمّته .

وفّر التقدم الذي حققته النظرية الذرية للعلماء وسائل جديدة للبحث . فقد استعان ارنست ردزفورد (١٨٧١ - ١٩٣٧) بالنشاط الاشعاعي لاكتشاف بنية الذرّة وطريقة تحويل الذرات ، شاقا الطريق بذلك (لسعد البشر أو نحسهم) امام تفجير الطاقة الذرية .

جزيئات الحياة

اوضح لورنس براك (١٨٩٠ - ١٩٧١) بالاشتراك مع ابيه وليم (١٨٦٢ - ١٩٤٢) كيف يمكن التعرف الى بنية الجزيئات بواسطة الاشعة السينية . وقد عمل جيمس وتسون (١٩٢٨ -) وفرنسيس كريك (١٩١٦ -) في مختبر براك ، واكتشفا عام ١٩٥٣ البنية المزدوجة اللولب للجزيء المعروف بالاحرف الفرنجية DNA (الحامض الديوكسيريبو نووي) الذي عليه تتوقف احدى عمليات الحياة الاساسية ، وهي نقل الصفات الوراثية .

العصر الحجري

تدل احدث الاكتشافات على ان اجداد الانسان الاوائل، وهم الاسترالوبيثاكيون، كانوا على قيد الوجود قبل حوالى ٣ ملايين سنة. لم يكن طولهم يتعدى ١،٢ م، وكانوا يتميزون عن القردة بخصائصهم التشريحية بنوع خاص وبكونهم كانوا يسيرون منتصبين. ولئن كانوا يستعملون الادوات، فمن الارجح انها لم تكن سوى مجرد عصي كالتي يستعملها الشمبانزي اليوم. عثر على الكثير من البقايا الاسترالوبيثاكية في افريقيا الجنوبية وافريقيا الشرقية (٣).

لا نعلم كيف ومتى اكتشف الانسان النار. غير اننا واثقون من ان الانسان، في العصر الحجري القديم الاسفل (بداية العصر



(١) - تعود «فينوس» هذه المنحوتة من عظم ماموث الى حضارة العصر الحجري القديم الغرافيتية. انها واحدة من ٤٣ تمثالا وجدت في كوستينكي بجنوبي روسيا. وهي رمز للخصب، خصب النساء وخصب الأرض.

(٢) - راح الانسان، منذ اواخر العصر الحجري القديم حتى استقراره في العصر الحجري الحديث، يعالج مواد مختلفة ويصنع انواعا عديدة من الادوات. فقد صنع رسّامو الكهوف ادوات منزلية صغيرة كالمصباح الحجري (أ) الذي يعود عهده الى ١٥٠٠٠ سنة ق. م ويعود عهد الحصى الازيلية الملونة (ب) التي صنعت في العصر الحجري الأوسط الى ١٠٠٠٠ سنة ق. م. ولعلها كانت دمى او اشياء سحرية. وتعود الى العصر الحجري الاوسط ايضا حيوانات تزيينية منحوتة من العنبر (ت) ولكنها تنتمي الى الحضارة المجلموزية (٨٠٠٠ - ٥٠٠٠ سنة ق. م). غالبا ما كانت الادوات في العصر الحجري الحديث متقنة الصنع كهذا المنجل ذي القبضة العظمية والشفرة الصوانية الذي يعود عهده الى حوالى ٥٠٠٠ سنة ق. م. (ث). كانت قرون الأوعال تستخدم كمعاول.

الحجري القديم) ، اي منذ حوالى ٥٠٠٠٠٠ سنة ، كان قد تعرف الى النار ، بل كان ايضا يستخدمها لتقسية الخشب وصنع ادوات واسلحة منه ، وقد استعان بها ايضا لصنع فؤوس يدوية من حجر (٥) .

العصر الحجري في اوروبا وحوض البحر المتوسط

تعاقبت في اوروبا وبلدان البحر المتوسط حقبات جليدية انتهت قبل ١٠٠٠٠ سنة ، وذلك عندما بدأت الطبقات الجليدية تنحسر نحو الشمال . من المعروف ان الاحافير البشرية التي تعود الى النصف الاول من العصر الحجري نادرة ، لكنه يبدو ان الانسان المسمى الانسان المنتصب ادّى تدريجا او تطورا الى نماذج لاحقة لم يبق منها على قيد الحياة الا نموذج واحد هو « الانسان العاقل » او الانسان الحديث . تتضمن المصنوعات التي

٣


(٣) ـ لعل أول تطور للانسان تم في افريقيا . فقد عثر ليكه عام ١٩٥٩ في شعب الدوفاي بتنزانيا على احافير كانت اقرب الى الانسان منها الى القرد ويعود عهدها الى ١٨٠٠٠٠٠ سنة .

٤


(٤) ـ اصبح الانسان فنانا منذ ٢٠٠٠٠ الف سنة ، لكن رسومه كانت ذا معنى سحري . هذا النموذج موجود في رسوم كهف ألتاميرا في سنتنبدر باسبانيا التي تظهر فيها حيوانات مختلفة ، وهي اول ما عرف انه يعود الى العصر الحجري القديم .

٥

(٥) ـ كانت اولى اسلحة الانسان القديم فؤوسا يدوية مصنوعة من الحجر غير المصقول التي يرجع عهد بعضها (في شرقي افريقيا) (أ) الى زهاء مليوني سنة . بعد ذلك بكثير ، اي قبل حوالى ٥٠٠٠٠ سنة ، صنع انسان نيندرتال فؤوسا يدوية منحوتة من الحجر (ب) . منذ حوالى ١٨٠٠٠ سنة ق . م ، كان الصيادون السولوتريون يصنعون مكاشط ورؤوس رماح انيقة (ت) . ومنذ حوالى ١٥٠٠٠ سنة ق . م . اصبح الانسان العاقل صيادا بارعا للاسماك ، وينحت الخطاطيف من العظم (ث) . وعظام اكتاف الثيران كرفوش (ح) . وكانت الادوات الحجرية تستعمل في بريطانيا حتى ازمنة متأخرة (ج) .

صنعها الانسان خلال هذه المدة الطويلة من العصر الحجري القديم الاوسط نماذج متطورة من الادوات المصنوعة من الشظايا الحجرية كالتي عثر على بعضها في برقة .

في اوروبا وفي العصر الحجري القديم الاعلى ، ظهرت خصوصا في فرنسا حضارات ما قبل التاريخ التي شيدها الانسان العاقل وهي ، الحضارة الاوريجناسية في حوض الغارون الأعلى ، الحضارة الغرافيتية في حوض الدوردونية ، الحضارة السولوترية في حوضي السون واللوار ، وحضارة سكان الكهوف المجدلية في حوض الفيزير .

لكن قبل ذلك كانت قد ظهرت في شمالي افريقيا حضارات أثرت على هذه الحضارات كان أهمها حضارة قفصة ووهران .

الحرف المتطورة

كانت اسلحة هذه الحضارات مصنوعة



بدقة (٥ ، ت ث) . فقد كان السولوتريون مثلا حرفيين ماهرين بنوع خاص . لكن الناس اصبحوا ايضا خلاقين في اتجاه آخر جديد ، فقد اخذوا يصنعون منحوتات تمثّل كائنات بشرية ويرسمون حيوانات على جدران الكهوف ، كما تدل على ذلك الآثار المكتشفة في بعض معابد ليبيا القديمة .

كانت المنحوتات « فينوسات » بدينة ، وربما كان لها معنى سحريّ (١) . ومن المرجح ان رسوم لسكو في فرنسا وألتاميرا في اسبانيا (٤) ، وهي تنتمي كلها الى الحضارة المجدلية ، كانت ذات معان سحرية .

كان أناس هذه الحضارات يصنعون ايضا آنية بسيطة من الحجر ومصابيح (٢ أ) . وكانوا يستعملون الظرّان (حجر الصوان) والعظام وقرون الاوعال مواد لأدواتهم .

شهد العصر الحجري المتوسط ، الذي امتد من سنة ١٠٠٠٠ الى سنة ٧٠٠٠ ق . م في الشرق الادنى والى ما بعد ذلك في اوروبا ، تغيرات كبيرة . وقد تركت لنا الحضارة المجلموزية (في مجلموز بالدنمرك) المرتبطة بهذه الغابات بعض المنحوتات التزيينية الصرف (٢ ت) .

العصر الحجري الحديث في الشرق الادنى

في الشرق الأدنى ، لم يدم العصر الحجري الا لعام ٣٥٠٠ ق . م . وعندما تعلم الانسان صهر المعادن ، بدأ عصر البرونز . اما في اوروبا الشمالية ، التي لم تكن قد احرزت هذا التقدم ، فقد استمر العصر الحجري الحديث حتى عام ٢٠٠٠ ق . م . وفي غضون ذلك قامت حضارات انتقالية هي حضارات القرى كحضارة هباستي في رومانيا (٦) . في الغرب والشمال الافريقي ، خلّف رحّل العصر الحجري الحديث وراءهم كثيرا من الاسلحة والادوات الحجرية والعظمية (٢ ت ، ث ، ج) ، كما خلّفوا آنية من الخزف ودمى . ومما يثير الاعجاب اكثر من ذلك انهم تركوا لنا ، من البحر المتوسط حتى شمالي اوروبا ، كتلا من الصخور الضخمة منسقة في خطوط مستقيمة او مستديرة لغايات فلكية وربما لغايات دينية ايضا .

(٦) - في هباستي ، وهي مكان في رومانيا يعود الى ٣٠٠٠ سنة ق . م ، كانت الادوات القاطعة كالفؤوس والمعازق تصنع من الحجر وكانت المناجل تنحت من الصوان . يعود هذا المكان (المرسوم هنا) الى العصر الحجري الحديث ، ولكن توجد فيه ايضا دمى وادوات نحاسية قد تكون نسخا لأشياء مستوردة من الاناضول شرقا الذي كان قد دخل في عصر البرونز . كذلك قد تكون ايضا حلى هباستي المصنوعة من الصدف المثقوب نسخا لحلى شعوب متوسطية زائرة . كانت قرى العصر الحجري الحديث في مناطق الغابات والسهاب الاوروبية في اكثر الاحيان اوسع من القرى الانجليزية بعد ذلك باربعة آلاف سنة . تحتوي هباستي على اطلال بيوت جماعية يتسع كل بيت منها لخمسمائة شخص . لكن من الارجح ان يكون بناء هذه البيوت قد امتد على مدى زمن طويل وان يكون عدد الذين سكنوها بالفعل اقل من ذلك . كانت لهذه البيوت جدران من الطين هياكلها من اغصان الشجر ، وكانت سقوفها مصنوعة من القصب والقش ، غير ان هذه البيوت كانت مدهشة في اناقة مفروشاتها . فقد كان منقوشا على اوانيها الخزفية رسم بشكل s ، وكانت هذه الاواني ملونة على اساس احمر وابيض وتحيط بها خطوط مخددة ورسوم بيضاء وسوداء وحمراء ، وكانت تخبز في الافران مع كثير من التماثيل الصغيرة المصنوعة من الصلصال والتي تمثل حيوانات واناسا . كان سكان هباستي مزارعين يزرعون القمح وحبوبا اخرى ونباتات علفية ، وكانت لهم قطعان من الماعز والخنازير وكلاب . وتدل بقايا الايائل والخنازير البرية على انهم كانوا فضلا عن ذلك يمارسون الصيد لتأمين قوتهم . كانت حياتهم ناشطة ومزدهرة ، لأن الحياة المستقرة كانت تمكنهم من تخزين الفائض من القوت والاسلحة والحلى . لكن كان للحياة في هباستي ايضا ناحيتها القاتمة ، فالخنادق الدفاعية المحيطة بها تدل على انها كانت معرضة للغزوات .

النـار والبرونز

استعمل الانسان المعدن للمرة الأولى قبل حوالى ٦٠٠٠ سنة في منطقة يمكن اعتبارها منطلقا لتاريخ الحضارة الغربية . قبل ذلك ، كانت الحجارة ، التي كان يجمعها ربما للدفاع عن النفس في بادىء الامر ، تُصقل لصنع ادوات قاطعة واسلحة من التي تميّز بها العصر الحجري الحديث . اما بعد ذلك ، فقد اصبحت لديه مادة جديدة هي النحاس القابل للتطريق ، الذي ربما كان الانسان قد عثر عليه في بادىء الامر بشكل فلّز طبيعي ، ثم راح يطرقه ليعطيه الشكل المناسب ، وعندما اصبح الفلّز الطبيعي نادرا ، أخذ الانسان يصهر النحاس باستخراجه من الخامة التي تحتويه . وما لبث ان لاحظ ان

١



النحاس يمكن مزجه مع القصدير للحصول على خليط اصلب منه واكثر نفعا . فكان البرونز . عندئذ انفتح الباب لظهور سلسلة جديدة من المهارات .

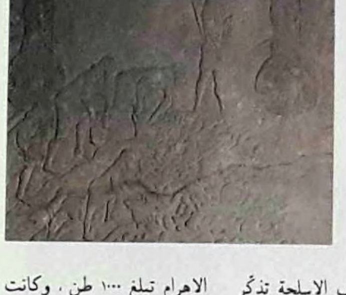
الاستعمال المتزايد للمعادن

امتد اطول عصر للنحاس ، وهو عصر مصر القديمة ، من حوالى ٥٠٠٠ سنة ق . م ، اي قبل عهد السلالة الاولى ، حتى حوالى عام ٣٧٠٠ ق . م ، ثم انتشر استعمال البرونز . غير ان ادوات من البرونز كانت تصنع قبل ذلك الحين في المدن ـ الدول المزدهرة في سهول ما بين النهرين الخصبة ، حيث ظهر السومريون العجيبون ، ليس كأول من سكن المدن فحسب ، بل كأول من استعمل النحاس ايضا . ولعلهم حصلوا عليه بالتبادل التجاري مع معدّني آسيا الصفرى . عرفت اوروبا بوجه عام العصر البرونزي بعد آسيا الصفرى (٧)

٢



٣



(١) ـ كان القدماء يودعون قبور موتاهم رسائلهم للاجيال التالية ، سواء أكانت هذه القبور أهراما كبيرة او مجرد جُثى يكسوها العشب . في هذا الرسم صورة لجنازة اقيمت في إجتفِد في شرقي جوتلند (الدنمرك) بضعة قرون بعد ان بلغ العصر البرونزي شمالي غربي اوروبا ، اي حوالى عام ١٥٠٠ ق . م . كان الجثمان يعد للدفن في جُثوة مستديرة . كانت هذه الجُثى ، التي تعود الى العصر البرونزي ، والجُثى المستطيلة العائدة الى العصر الحجري الحديث ، واسعة الانتشار في اوروبا الغربية . عُثر على هذه الجُثة ، وهي جثة فتاة غنية ، في جُثوة . وكانت موضوعة في تابوت مصنوع من جذع شجرة مُجوّف ومقفل . كان يُحاط التابوت بكومة من الحجارة ويغمر بكمية كبيرة من التراب . وكان يطوق خصر الميتة بزنار في وسطه قرص كبير من البرونز ، وتزينها ايضا اساور واقراط برونزية . وكانت الاشياء الجنائزية المعدة لجنازة امرأة غنية متنوعة وعديدة . فكانت هناك اسلحة وحلى وآنية خزفية . كانت الاسلحة تميّز العصر والحضارة . فمنها فؤوس دقيقة النصل لها شفرة في كل من جانبيها ومنها سيوف طويلة ورفيعة لا تسمح مقابضها بامساكها الا بثلاث اصابع . وكانت زخارف الاسلحة تذكّر بزخارف الحضارة الميسينية العائدة الى حوالى ١٥٠٠ سنة ق . م . في الصورة الخلفية ، مشهد للزراعة في العصر البرونزي تبدو فيه عربة يجرها ثوران .

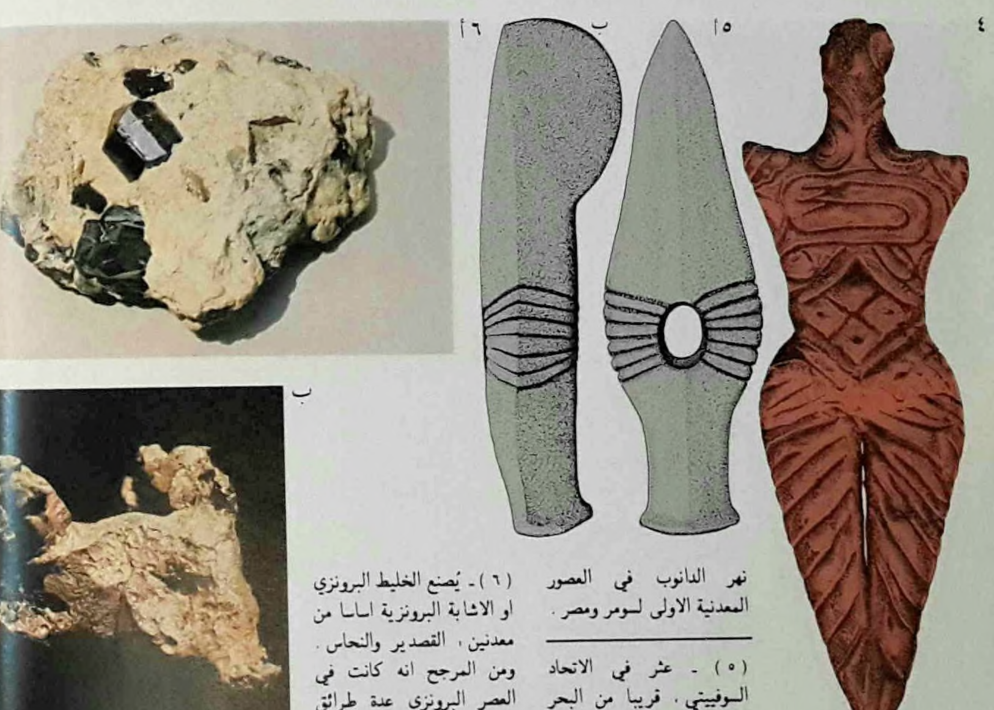
(٢) ـ كان المصريون يجهلون الضرب والقسمة في بادىء الأمر . لكنهم اجترحوا معجزة في الرياضيات العملية عندما بنوا الهرم الكبير . تمتد قاعدة هذه الهرم على مساحة ٥ هكتارات ، ولا تختلف عن المربع التام الا بسنتمتر ونصف . كانت كل من الكتل الصخرية التي بنيت بها الاهرام تبلغ ١٠٠٠ طن ، وكانت توضع في اماكنها بدون الاستعانة بمحادل او عجلات .

(٣) ـ في بعض القبور المصرية رسوم بارزة منقوشة في الصخر . وفي غيرها رسوم بالالوان المائية كثيرا ما كان يضاف اليها عسل وصمغ او بياض البيض لتعطي اللون متانة . تمثل هذه الرسوم اوجه معيشة طبقات المجتمع المصري المختلفة . كانت طبقة الموظفين مزدهرة ، كما هي الحال في جميع الحضارات ، وهنا نشاهد صاحب مقام رفيع يقوم على خدمته عدد كبير من الخدم .

بحوالى ١٠٠٠ سنة ، مع ان بعض المصنوعات النحاسية وُجدت في الانحاء الشرقية من اوروبا تعود ازمانها الى عهد الحضارة السومرية (٤) .

في تلك الاثناء ، كانت الحضارة الصينية الكبرى سائرة سيرها الخاص وراء صحارى آسيا الوسطى وجبالها وتنتج خزفيات واواني من اليشب والبرونز منذ ١٥٠٠ سنة ق . م . فيما كانت بعض المجتمعات القديمة ، كالمجتمعات الواقعة وراء المحيطات في امريكا الوسطى ، لم تتوصل الى التعرف على المعادن بعد .

في الحضارات الاولى ، كان الكهنة هم المسيطرون في سومر الثيوقراطية ، كما كان يسيطر الموظفون ورجال الادارة المدنيون في مصر الارستقراطية . وكانت تلك الحضارات هي الاولى التي انشأت اول نظام للرق . فقد كانت تجمع العبيد من اسرى الحرب لأن



(٤) - يعود عهد هذا التمثال الصغير المصنوع من الطين المطبوخ الى ما قبل عام ٣٥٠٠ ق . م . وهو يعطي فكرة ما عن انتشار الحضارة على طول نهر الدانوب في العصور المعدنية الاولى لسومر ومصر .

(٥) - عثر في الاتحاد السوفييتي ، قريبا من البحر الاسود في شمالي الهلال الخصيب ، على آثار من العصرين النحاسي والبرونزي . وُجدت هذه الفأس ، التي ترى مواجهة (أ) وجانبيا (ب) ، في فتيانوفو ، وتعود الى العصر البرونزي .

(٦) - يُصنع الخليط البرونزي او الاشابة البرونزية اساسا من معدنين ، القصدير والنحاس . ومن المرجح انه كانت في العصر البرونزي عدة طرائق لصنع البرونز . اكثر ما يوجد القصدير في الطبيعة بشكل اكسيد يدعى الكسيتريت (أ) الذي غالبا ما يوجد في الانهار او في البحيرات كراسب غريني . ويوجد النحاس ايضا بانواع مختلفة من المعدن الخام او بشكل معدن خالص جاهز للاستعمال (ب) . في بعض المناطق تقدم عصر النحاس على عصر البرونز .

تشغيلهم كان اوفر ربحا لها من قتلهم . وهكذا نشأت الحاجة ليس للمنتوجات النفعية وحسب ، بل لوسائل الترف ايضا بما فيها المصنوعات المعدنية ، خصوصا واليد العاملة كانت متوافرة ، مما افسح المجال امام الحرفيين لصنع الادوات والحلى .

انجازات العصر البرونزي

شاد العبيد بنايات مقدسة ضخمة في كل من بلاد ما بين النهرين ومصر . فكانت الزكورات في بلاد ما بين النهرين تستخدم كمراصد للمراقبات الفلكية وكهياكل للعبادة . وكانت الاهرام في مصر اضخم وافخم قبور بناها الانسان . كانت تدفن مع كبار المصريين ادوات منزلية وحلى لترافقهم الى العالم الآخر . وكان قبر توت عنخ آمون ، الذي وصلنا في حالة اسلم من حالة سائر القبور المكتشفة حتى الآن ، يحتوي على كمية كبيرة من الحلى وادوات الترف المصنوعة من البرونز والذهب والفضة والعاج والزجاج .

استمرت الحضارة المصرية بدون اضطرابات تذكر اكثر من ٣٠٠٠ سنة . اما حضارات ما بين النهرين ، فقد تعاقبت بالعكس عبر العصور . فبعد ان زال السومريون الذين كانوا قد اخترعوا الكتابة والعجلة ، حل محلهم الاكاديون حوالى عام ٢٣٥٠ ق . م . الذين خلفوا وراءهم احدى منحوتات العصر البرونزي الكبرى ، وهي منحوتة ملكهم الفاتح سرجون الاول التي ما تزال موجودة حتى يومنا هذا . ثم حل محل الاكاديين العموريون الذين خلفهم الحثيون حوالى عام ٢٠٠٠ ق . م . جاء الحثيون من الاناضول وكانوا اعظم من عالج الحديد والفولاذ في الازمنة القديمة . ولم يكونوا من العصر البرونزي بل من العصر الحديدي .

تقنية المعادن

يكمن سر استمرار عصر البرونز لاكثر من ٣٠٠٠ سنة اولا في نوعية التقنيات المتوافرة آنذاك . فالنحاس ينصهر بدرجة ١٠٨٣ س ، بينما لا ينصهر الحديد الا بدرجة ١٥٣٩ س ، كما لا يمكن صهره لقولبته دون اللجوء الى تهوية بالسحب القسريّ او الى افران عالية ، والحثيون ذاتهم كانوا يفتقرون الى مثل هذه الافران ، فكانوا يطرقون المعدن المحمى لا المصهور . ولم يتم الصهر الحقيقي الا بعد ذلك التاريخ بمدّة طويلة .

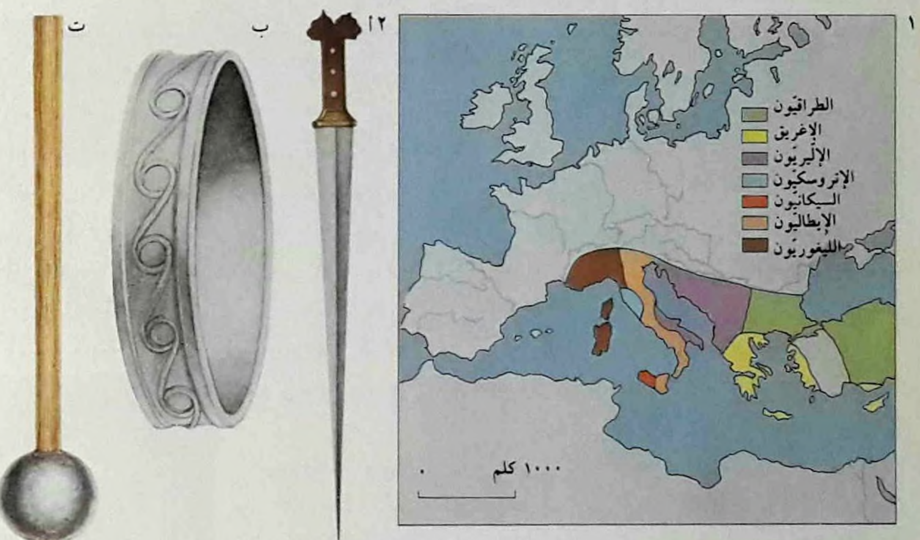
كذلك كان يمكن تقوية البرونز باضافة كميات قليلة من القصدير والانتيموان وعناصر أخرى لتحسين صلابته ومقاومته . وكانت هذه المواد في بادىء الامر موجودة في البرونز كشوائب ، لكن من الارجح ان تكون قد اضيفت اليه عمدا في ما بعد . في اول الامر ، كان خلط النحاس والقصدير او خلط ركازيهما يتم كيفما اتفق (٦) . اما في ما بعد ، عندما تطورت المهارات ، فقد اصبح الخلط يتم بنسب معينة للحصول على انواع مختلفة من البرونز .

كان السومريون ايضا يقَسّون البرونز بالطُرق ، ويصنعون منه المسامير . وكانوا يصنعون اسلاكا وصفائح وسبائك (من الذهب والفضة) في قوالب من طين بطريقة « الشمع المتلف » التي ظلت تستعمل عبر آلاف السنين (كما هي الحال في منحتات بنيت بافريقيا الغربية) .

العصر الحديدي

قد تكون مصادفة الانسان للحديد في بادىء الأمر هبة من السماء ، فقد تكون الرجُم الحديدية الهابطة من الجو هي التي جاءت بهذا المعدن الذي صنعت منه اسلحة وحلى حوالى عام ٣٠٠٠ ق . م . أو قبل ذلك .

وكان لا بد من الانتظار ١٠٠٠ سنة اخرى حتى يتم صهر الحديد ، اي استخراجه من ركازه ، لصنع الأدوات الحديدية . فمن المعروف ان درجة الحرارة الضرورية لصهر الحديد عالية بحيث لا يمكن ان يتم صهره بنار الحطب او الفحم ، بل يقتضي افرانا تعمل بضخ الهواء او بما يسمى بالسحب القسري في افران مرتفعة الحرارة الى الدرجة المطلوبة اي الى درجة ١٥٣٩ س .



(١) ـ ركاز الحديد شائع وواسع الانتشار ويأتي في الدرجة الثانية بعد ركاز الالومينيوم . لكن انسان اوائل العصر الحديدي لم يكن له عهد بعد بمعدني الهيماتيت والمغنيتيت اللذين يحتويان على زهاء ٦٠ ٪ من الحديد . لانهما لا يوجدان في الطبيعة بل يجب استخراجهما من مواد اخرى . لذلك من الارجح ان يكون ذلك الانسان قد استعمل في بادىء الامر ركاز حديد المستنقعات الرسوبية الذي يكثر ، كما يدل اسمه على ذلك ، في الاراضي السبخة . يتكون هذا النوع من الحديد عندما تتحلل ركائز حديدية وتترسب في الماء تحت تأثير البكتريات . وهو لا يحتاج الا الى عملية النخل ليصبح صالحا للاستعمال . غير ان عددا كبيرا من ركائز الحديد الاخرى كان يستثمر في اوروبا منذ عام ٨٥٠ ق . م . تشير هذه الخريطة الى المناطق التي كانت تستغل ركائز الحديد .

---

(٢) ـ كانت اولى الاشياء الحديدية التي صنعها الانسان هي حلى واسلحة صغيرة يعود عهدها الى ما قبل عام ٢٥٠٠ ق . م . وقد صُنع الخنجر ـ السيف الحثي ـ (أ) بعد ذلك التاريخ بقليل . كانت شفرته تصنع بطرق رُكاز الحديد المحمّى لاعطائه شكلا كان يأتي غير مصقول نسبيا . غير ان الحدادين الحثيين اصبحوا في آخر الأمر اسياد تقنية الحديد وأثّروا على صناعة الحديد الأوروبية التي يشكل هذا الطوق مثالا لها (ب) . في عام ٥٠٠ ق . م . كان الحدادون في ستيريا وكارنثيا ، في اوروبا الوسطى ، يصنعون نوعاً من الفولاذ بتطريق الفحم النباتي (وهو نوع من

انتجت افران الصهر البدائية حديدا طروقا جيد الصنف ، وقد استُعملت هذه الأفران لعدة قرون في بلدان مختلفة . وكان الحديد فائق الاهمية بالنسبة الى عدد من الحضارات .

طرائق الحدادين الحثيين

ركاز الحديد موجود بوفرة في المستنقعات الرسوبية ، وهو سهل الاستخراج منها . لصنع ادوات من الحديد يُصهر الحديد أولا ليصبح كالكرة ، ثم يُحمى ويُطرق لتنقيته من الشوائب ثم يغمس في الماء البارد . بتكرار هذه العملية مرارا عديدة ، يمكن الحصول على حديد بالمتانة المطلوبة . كان الحثيون ، وهم أول التقنيين في العصر الحديدي ، يستعملون هذه الطريقة على نطاق واسع في الألف الثاني ق . م . (٢) .

كان الحثيون يحتفظون لأنفسهم بسرّية

٤

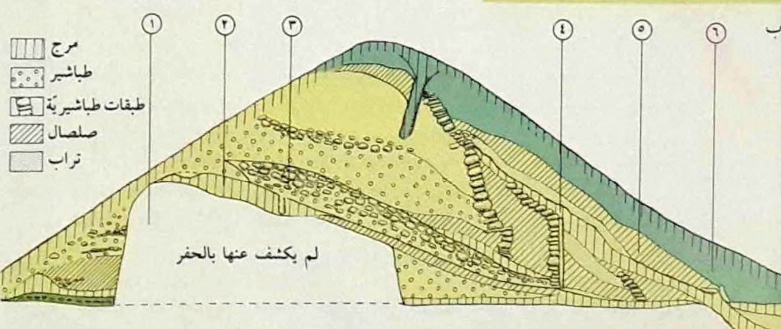


(٤) ـ كانت المدافع ومدافع الهاون الحديدية الاولى قصفة ، وكان من الممكن ان تنفجر في وجه مستعمليها . لكن منذ القرن الخامس عشر ، بدأت تصنع من معدن أمتن .

٣

الكربون) وزجه في الحديد المحمّى . ان هذا القضيب ذا الرأس الحديدي (ت) هو مثال متأخر عن تقنية الحديد البدائية في شياتي بايطاليا . ويعود تاريخه الى حوالى ٦٠٠ ق . م .

(٣) ـ ميدن كسل حصن بريطاني كبير يعود الى العصر الحديدي . كان هذا الموقع ، وهو تلة مسنّمة السطح (ب) ، مأهولا منذ العصر الحجري الحديث (الألف الثالث ق . م) وقد اصبح في عام ١٠٠ ق . م . حصنا بحجم مدينة تحيط بها ٦ أسوار (١ ـ ٦) يعود اقدمها الى حوالى عام ٥٠٠ ق . م . اصبح معروفا ان رأس السهم والمنجل الصغير الحديديين وابزيم السير المصنوع من البرونز (أ) هي من مصنوعات شعب كان يعيش في ميدن كسل في عصر وسكس الحديدي بين عام ١٠٠ ق . م . وعام ٧٠ م ، وكان يعرف في ذلك الحين باسم الشعب الدورتريجي . وقد خلف هؤلاء السلتيون وراءهم مصنوعات حديدية كثيرة من خواتم وفؤوس ومن « قضبان نقدية » (بشكل سيوف) كانت تُستعمل في التجارة . تعرّض الحصن لهجمات الرومان في عهد فسبازيان عام ٤٣ م .



طريقتهم للصهر . ولكن بعد زوال امبراطوريتهم عام ١٢٠٠ ق . م ، تفرّق حدّادوهم ، فاستفادت قبائل وشعوب اخرى من معارفهم في صنع ادوات من الحديد . في هذا الوقت نفسه صُنع ايضا نوع من الفولاذ ـ وهو حديد يحتوي على ١،٥ ٪ او اقل من الكربون ـ استعمل لصنع الأدوات والاسلحة التي تحتاج الى حد قاطع . كانت سنان الرماح (٣) ومناجل اوائل العصر الحديدي قليلة ، لأنها كانت تحتاج الى اقربة وكانت هذه الاقربة لا يمكن صنعها الا بصب المعدن في قالب .

من المنتوجات المعدنية ذات الاستعمال السلمي المصنوعة في اوائل العصر الحديدي الكلّابات والمطارق والسنادين التي كان يستعملها الحدادون انفسهم والمسامير الحديدية التي تُشكّل تقدما ملموسا بالنسبة الى المسامير البرونزية ذات القوة المحدودة .



٦

٥

(٥) ـ بعد سقوط الامبراطورية الرومانية ، انحطت صناعة المعادن في اوروبا ، ولم تستمر الا في السيوف الحديدية الأنيقة التي كان يصنعها البورغنديون والفرنك والمزينة بزخارف من الحديد الملحوم . كان الفرسان في عهد شارلمان ملك الفرنك في القرن الثامن الميلادي يرتدون دروعا ثقيلة لا شبه بين شكلها وشكل الدروع الرومانية . فالغزاة الجرمانيون الذين اكتسحوا الامبراطورية الرومانية أبوا ، كما يبدو ، ان يقلدوا المغلوبين . ظهرت في ما بعد درع الزرد ، وهي مستوردة من الشرق . يحمل هذا الفارس الاقطاعي ما لا يقل عن ٥٠ كلغ من الزرد والصفائح المعدنية . كانت دروع الزرد تصنع من حلقات من اسلاك حديدية مبرشمة او ملحومة معا ولها شكل يمكّن من تغطية الذراعين والساقين والرأس . في القرن الرابع عشر ، حلّت صفائح الدرع ، التي كانت معدة في الاساس لتقوية دروع الزرد ، محل سلاسل الزرد . في هذا الوقت ، كان الحدادون قد اصبحوا قادرين على صنع المفاصل الضرورية لوصل صفائح الدروع واصبح لهم من المهارة ما يمكنهم من انتاج زخارف معدنية تزيينية .

---

(٦) ـ كانت الشعوب في العصر الحديدي في اوروبا تسكن قمم التلال بعد تحصينها باسوار من التراب متداخلة ، كما يشهد على ذلك ميدن كسْل بانجلترا .

ظهرت أولى شفرات المحاريث الحديدية في فلسطين حوالى عام ١١٠٠ ق . م ، ولا يبدو ان الاغريق في القرن السادس ق . م . كانوا يستعملون الحديد لهذه الغاية ، ولم يصبح استعمال المحاريث ذات الشفر الحديدية شائعا الا في العهد الروماني .

الرومان واستعمالهم للحديد

كان من الطبيعي ان يستعمل الرومان الحديد والفولاذ لغايات حربية عديدة . فالسيوف القصيرة الشهيرة والرماح البالغ طولها ثلاثة امتار والدروع الموروثة عن الاغريق كانت مصنوعة في معظمها من الحديد . في ما بعد ، استعمل الرومان ايضا سيوفا طويلة ورماحا من الحديد ورموا سهاما حديدية بمجانيقهم . وكانت الكبوش ذات الرؤوس الحديدية مستعملة منذ عهد الاشوريين ، لكن الرومان ادخلوا عليها تحسينات جعلتها صالحة لدك ابواب المدن المحاصرة واسوارها .

في الفن المعماري ، استعمل الاغريق الحديد الى اقصى الحدود وذلك في عارضات من الحديد المزخرف . ففي بناء البرثينون ، استعملت هذه العارضات بمثابة قواعد او دعامات ناتئة لتحمل اثقل التماثيل على القوصرة . في ما بعد ، استعمل الرومان عارضات حديدية بشكل T ، كما في حمّامات كراكلا التي كان قطر قبتها يبلغ ٣٦ مترا .

لا نعرف الا القليل عن التعدين في اوائل القرون الوسطى ، ما عدا ان السكسونيين كانوا يستخرجون المعادن في جبال هارتز قبل عام ١٠٠٠ م . امّا علم التعدين في ازمنة متأخرة من القرون الوسطى ، فقد اصبح معروفا بفضل رجل واحد هو الطبيب السكسوني اغريكولا . فكتابه الكبير بعنوان « الشؤون المعدنية » (١٥٥٦) يصف بالتفصيل طرائق التعدين وآلياته ويبين ان هذه الصناعة تدر الربح .

لكن قبل زمان اغريكولا بقرون ، كانت صناعة الحديد صناعة ناشطة ، ولكنها كانت مقتصرة على صناعة الاسلحة . فمنذ عهد شارلمان (٧٤٢ - ٨١٤ م) اكتشفت مجددا صناعة الاسلحة الحديدية بدون اقتباس يذكر عن الرومان .

صهر الحديد وصبه

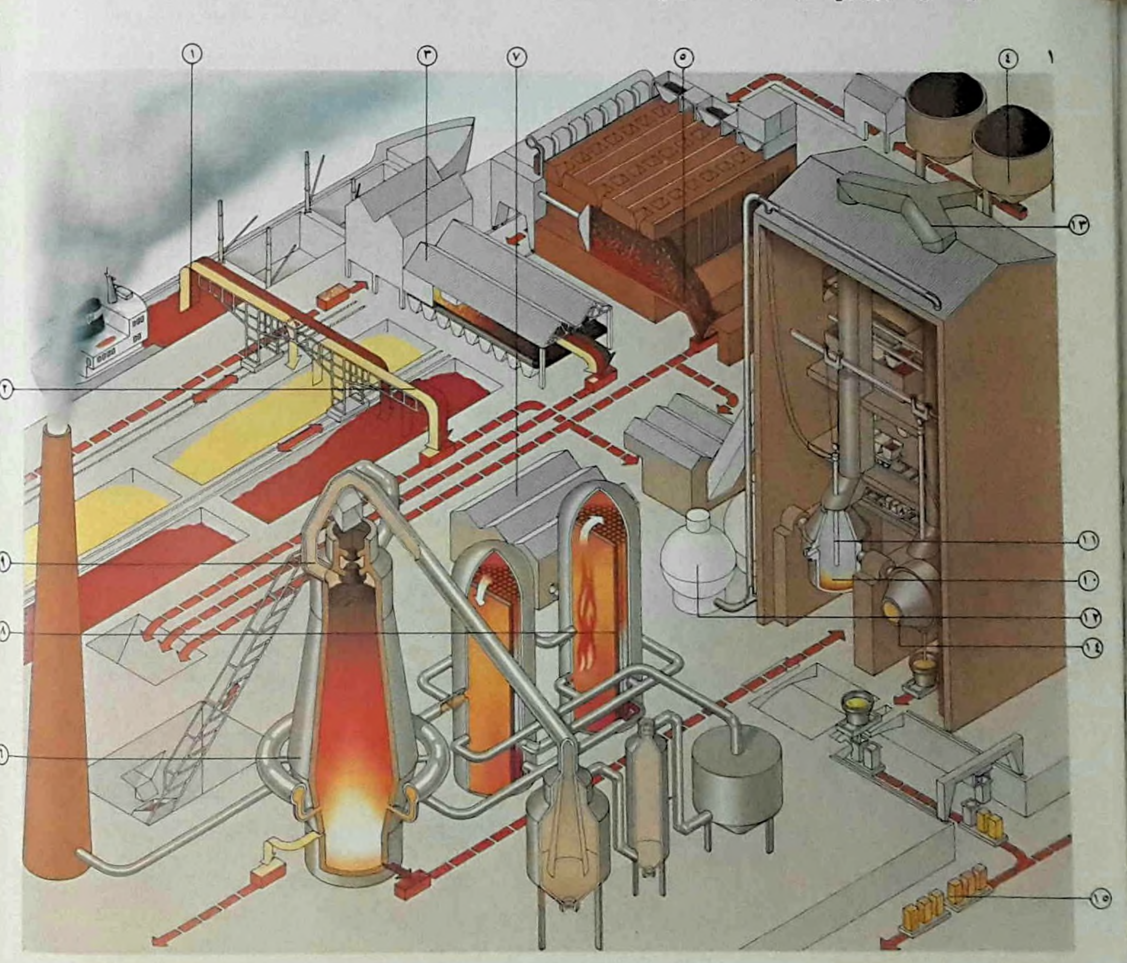
كان آخر اكتشاف كبير جاء به العصر الحديدي هو معرفة ان الحديد يمكن صهره وصبه في قوالب . لكن اولى الافران العالية لم تظهر الا منذ عهد قريب ، وكانت نسخا متطورة وموسعة عن اكوار القرون الوسطى . في بادىء الامر ، كانت تعمل على الفحم النباتي ، ثم على الفحم الحجري كوقود وكعنصر ضروري (الكربون) لعملية الصهر . وحوالى عام ١٧١١ ، بدأ ابراهام دربي (١٦٧٨ - ١٧١٧) في مدينة كولبروكديل بانجلترا يستعمل فحم الكوك لصهر كميات كبيرة من الحديد الخام للحصول على صنف جيد من الحديد الزهر الصالح للتعدين وللصب في قوالب من الرمل . من قبل ، كانت الآنية المصبوبة كالقدور تصنع من معادن غالية الثمن كالنحاس الاصفر . لكن ما مضى وقت قصير حتى اصبحت في كل بيت قدور ومقال من الحديد الزهر . ثم اخذ الحديد يستعمل ايضا لبناء الجسور والسكك الحديدية ، لكن كانت قد بدأت اذ ذاك الثورة الصناعية وعهد الفولاذ .

عصر الفولاذ

قبل ١٠٠٠٠ سنة ، كانت تقنية اجدادنا قائمة على استخدام الحجر ، وقبل ٣٠٠٠ سنة على البرونز ، وقبل الفي سنة على الحديد . لذلك سُمّيت تلك العهود العصر الحجري والعصر البرونزي والعصر الحديدي . لكن ليس هناك عنصر مماثل لها يستطيع علماء الآثار وصفه بالعصر الفولاذي ، لأن الفولاذ لم يصنع بكميات كبيرة الا منذ ما يقرب من ١٢٠ سنة ، ولم يصبح حيويا لحضارتنا الا منذ ذلك الحين ، مع ان اصله يعود الى ماضٍ بعيد .

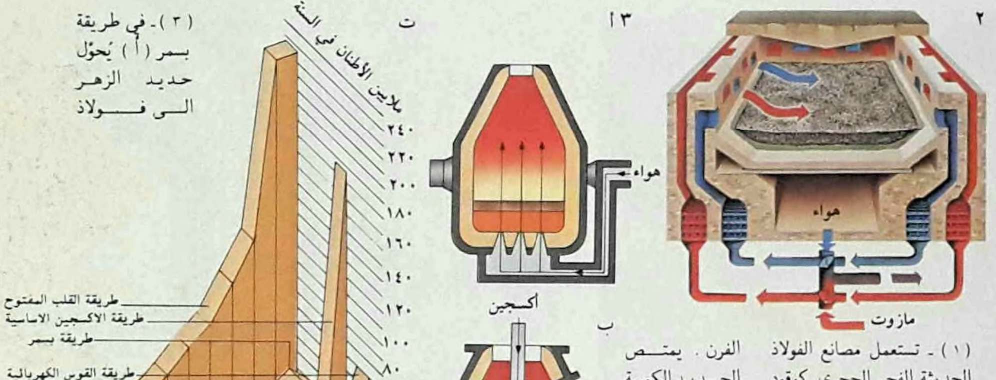
مستخدمو الفولاذ الأوائل

الفولاذ العادي او المطاوع هو ، كما



يستعمل في عدد كبير من الصناعات ، مزيج من الحديد مع قليل من الكربون ، وبالضبط بين ٠,١٥ و ٠,٢٥ ٪ من الكربون الذي يكون جزء منه في شكل كربيد الحديد او السمنتيت . الفولاذ اقسى بكثير من الحديد النقي واقل انقصافا من حديد الزهر (الذي يحوي من الكربون اكثر مما يحويه الفولاذ) ، وجزيل المنفعة بسبب قوته وصلابته ومرونته .

كان الحثيون اول من صنع ادوات واسلحة من الحديد ، لكن اناسا من قبيلة خاضعة للحثيين ، يدعون الشليبيين ، هم الذين كانوا اول من صنع الفولاذ ، وذلك حوالى عام ١٤٠٠ ق . م . كان الحدادون الشليبيّون في آسيا الصغرى يستعملون طريقة السمنتة ، أي انهم كانوا يطرّقون الحديد الحار لكن غير المصهور مع الفحم النباتي حتى يتحوّل الى فولاذ . وكان الفحم النباتي خلال التطريق



(١) - تستعمل مصانع الفولاذ الحديثة الفحم الحجري كوقود اول . يؤتى بالحديد وبحجر الكلس او الجير (١) بالقطار او بالباخرة ثم ينقلان (٢) من المخزن الى الاتون . غيران بعض الركائز وحجارة الجير تسخّن اولا بفحم الكوك (٣) المشتق من الفحم الحجري (٤) في حجرة توليد الكوك (٥) ثم تلقى جميع هذه المواد في الاتون (٦) الذي يتفاعل فيه عندئذ الحديد مع الكربون الموجود في فحم الكوك والمواد الاخرى ليكوّن طبقة من الشائبة المنصهرة . هناك مبنى للمضخات (٧) التي تؤمّن الهواء للفرن بعد تسخينه في مبادلات حرارية (٨) بواسطة غازات ساخنة (٩) واردة من سطح الفرن . يمتص الحديد الكمية الفائضة من الكربون في الفرن وينقل هذا الفائض الى فرن ثان (١٠) يحتوي على منفذ للاكسجين (١١) تغذيه خزانات كروية واسعة (١٣) . يؤخذ الغاز من فرن الاكسجين (١٣) لتنقيته قبل تفريغه في الجو . يُصب الفولاذ من فرن الاكسجين (١٤) في سبائك جاهزة للتصنيع (١٥) .

---

(٢) - تقوم طريقة الفرن المكشوف لصاحبيها سيمنس ومرتين على تغذية محتويات الفرن بتيارات متناوبة من الاكسجين والوقود الغازي . وهذه الطريقة هي التي استعملت لانتاج الكمية الكبرى من الفولاذ في هذا القرن . تستعمل طريقة الفرن المكشوف الغازات الناجمة عن الانصهار لتسخين الدفع الهوائي مسبقا . فتقلل بذلك من نفقات الوقود . اذا كان الركاز يحتوي على فسفور ، يبطّن الفرن عند ذاك بمادة قلوية .

(٣) - في طريقة بسمر (أ) يُحوّل حديد الزهر الى فولاذ بنفخ الهواء في الحديد المنصهر الى ان تحترق كمية الكربون والسليكون الموجودة فيه . عندئذ تضاف كمية ضئيلة من الكربون بشكل حديد مرآويّ . هناك طريقة احدث لصنع الفولاذ ، هي الطريقة المعروفة باسم طريقة الاكسجين الاساسية (ب) التي يضخ فيها غاز الاكسجين في الحديد المنصهر . شاع الانتاج بهذه الطريقة منذ عام ١٩٧٠ (ت) .

يتسرب الى الحديد فيكوّن السمنتيت ، ومن هنا اشتق اسم هذه الطريقة .

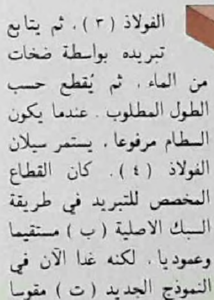
القولبة والتقسية

ظلت تغيرات تطرأ على طريقة السمنتة في الشرق الاوسط وفي اوروبا والهند خلال ما يزيد على الف سنة . لكن الحديد صُهر لأول مرة والفولاذ صُبّ في قوالب في جنوبي الهند . وكان الرومان يستوردون هذا الفولاذ بشكل كتل صغيرة مُكَوَّرة ، وكانوا يظنون انه من مصدر صيني ويسمونه الحديد الصيني .

في اوروبا ، كان الفولاذ يُصنع احيانا مباشرة انطلاقا من ركاز يحتوي على الكمية الكافية من الكربون ، انما لم يحصل ذلك الا نادرا ، لأن الطريقة الشائعة لصنع الفولاذ كانت السمنتة . ومنذ القرن الثامن الميلادي ، بدأت بعض مناطق اوروبا الوسطى الغنية

٤

(٤) - السبك المتواصل طريقة حديثة لاعطاء الفولاذ شكل السبائك او القضبان بطريقة سريعة ورخيصة . تبدأ العملية (أ) عندما يصب الفولاذ المنصهر في قالب من النحاس (١) المسدود في طرفه الاسفل بسطام (٢) . يُبرَّد الفولاذ بالماء في القالب . وقبل ان يجمد يرفع السطام . فيسيل الفولاذ (٣) . ثم يتابع تبريده بواسطة ضخات من الماء ، ثم يُقطع حسب الطول المطلوب . عندما يكون السطام مرفوعا ، يستمر سيلان الفولاذ (٤) . كان القطاع المخصص للتبريد في طريقة السبك الاصلية (ب) مستقيما وعموديا ، لكنه غدا الآن في النموذج الجديد (ت) مقوسا ويشغل بالتالي مساحة اصغر .



٥



(٥) - يصل الفرن المجهز بقوس كهربائية الى درجات مرتفعة جدا من الحرارة دون حاجة الى الاكسجين . لهذا يستعمل للحصول على انواع من الفولاذ تحتوي على معادن تتفاعل مع الاكسجين وتصدأ كالكروميوم والفاناديوم .

بالحديد ، كستيريا وكارنثيا ، تصدّر الفولاذ . ثم أخذ الفولاذ يقسّى بغمسه محمّىً في الماء . لكنه مر زمن طويل قبل ان تصبح هذه الطريقة شائعة ، ولعل ذلك يعود الى ان الناس كانوا قد تعلموا ، بالاختبار من النحاس والبرونز اللذين عرفوهما قبل الفولاذ ، ان الغمس يقلل من صلابة المعادن .

في القرن الخامس عشر ، كان اصحاب المطابع الأوائل يستعملون مكابس من الفولاذ لصنع قوالب الأحرف . وبعد ذلك حتى القرن السابع عشر ، اصبحت نوابض العربات تصنع من الفولاذ ، لكنها لم تكن توفر كثيرا من الراحة للمسافرين على طرقات اوروبا الوعرة .

طريقة بسمر

كانت المشكلة الكبرى التي تعرض لها الفولاذ في اول عهده ناجمة عن وجود شائبة في ركازه كانت تحول دون صنع اشياء ضخمة منه متينة البنية . وقد حُلّت هذه المشكلة في منتصف القرن الثامن عشر على يد صانع المعادن السويدي توربِرن برغمن (١٧٣٥ ـ ١٧٨٤) وصانع الفولاذ البريطاني بنجامان هنتسمان (١٧٠٤ ـ ١٧٧٦) . فقد جاء الفولاذ السويدي يحتوي على كمية مضبوطة من الكربون ، وخاليا من الشوائب ، لكنه ظل غالي الثمن . وفي عام ١٨٥٠ ، لم يكن انتاج الفولاذ في بريطانيا العظمى يتعدى ٦٠٠٠٠ طن . لكن بعد ذلك بعشرين سنة ، جاءت افران بسمر تنتج الفولاذ بمعدل طن في الدقيقة ، ولم يعد سعر الفولاذ يتعدى سعر حديد الزهر .

كانت طريقة بسمر (١٨١٣ ـ ١٨٩٣) ، وقد اقتبسها عن صانع فولاذ مفلس من ولاية كنتكي اسمه وليم كلي ، تقوم على اكسدة الفائض من الكربون في الحديد بادخال فقاقيع من الهواء في كتلة من الحديد المنصهر . علاوة على ذلك ، كان الكربون تحت تأثير الهواء يتحول الى ثاني اكسيد الكربون فيعمل عمل الوقود ، وهكذا كانت هذه العملية تستمر بدون الحاجة الى المزيد من الوقود مما جعل صنع الفولاذ بهذه الطريقة زهيد الكلفة .

بعد ذلك بخمس سنوات ، ظهرت طريقة منافسة لطريقة بسمر (٣) ، هي استعمال الفرن المكشوف لصنع الفولاذ (٢) التي تقوم على صهر كميات من الحديد وركاز الحديد وخردة الفولاذ بنسب تمكّن من تحويل القسم الاكبر من الكربون الفائض والاكسجين الى اكسيد الكربون ، فيشتعل هذا الغاز القابل للاحتراق وتُستعمل الحرارة الناجمة عن ذلك للوقود . وفي عام ١٩٠٠ كانت هذه الطريقة تنتج من الفولاذ اكثر مما كانت تنتجه طريقة بسمر .

شاهد القرن العشرون تطورات اخرى في صنع الفولاذ ، لا سيما ظهور طريقة السبك المتواصل للفولاذ (٤) ، وطرق اخرى لانتاج انواع خاصة من الفولاذ ، كالأنواع التي تصنع منها قطع الآلات وشفرات المنفات . من انواع الفولاذ الجديدة ، الفولاذ الذي لا يصدأ ، وهو يحتوي على الكروم والنكل واحيانا على الموليبدين ، ويصنع في الافران الكهربائية (٥) ، ويُستخدم في الدرجة الأولى في صنع السكاكين والأواني المطبخية وفي المصانع الكيميائية . حلّت أخيرا محل طريقة بسمر طريقة الاكسجين الأساسية (٣ ب) .

المعادن وأوجه استعمالها

يسود الحديد وخلائطه حضارة اليوم ، لذلك جرت العادة على تصنيف المعادن الاخرى بالنسبة اليه ، فسميت « المعادن غير الحديدية » . غير ان للمعادن غير الحديدية قليلا من الصفات المشتركة ، ما عدا الصفة السلبية التي يتضمنها الاسم . هناك اكثر من ٢٠ معدنا غير حديدي لها أهمية صناعية ، وقد عرفت منذ القدم بعض هذه المعادن الرئيسية ، كالنحاس والفضة والرصاص والقصدير . اما غيرها ، كالتيتانيوم ، فلم يجد له اوجه استعمال واسعة الا منذ عهد قريب .

الذهب والنحاس والفضة

يكاد معدن الذهب ، الذي غدا اسطوريا

١ أ



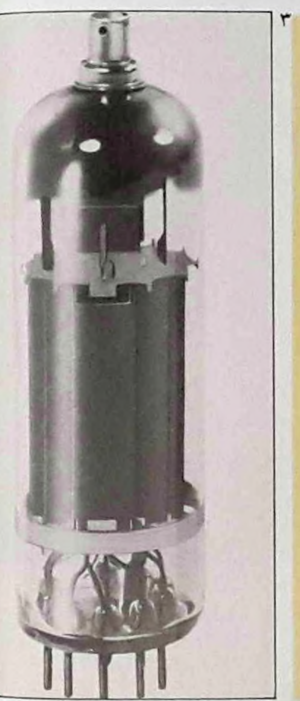
ب



٢



٣



(١) ـ كان الذهب دائما رمزا للثروة المادية . ونظرا لصفاته الفريدة استعمل لصنع كنوز فنية ذات جمال باهر كهذا الاناء الاغريقي السيثي (أ) . كذلك تعطيه مقاومته الكلية للتأكل قيمة تقنية . فللتخفيف من المقاومة عند احتكاك اطراف التجمعات الفرعية الكهربائية في صفائح الدوائر المطبوعة مثلا (ب) تُطلى هذه الاطراف بغشاء رقيق من الذهب .

---

(٢) ـ يُعتقد ان البرونز كان اول خليط معدني من انتاج الانسان ، مع ان ظهوره قد تم

(١) . لا يوجد في الطبيعة الا خالصا (اي نقيا غير مخلوط) . وجد اصلا مصادفة ، وبدأ استخراجه قبل ٣٠٠٠ سنة ق . م ، ومنذ ١٠٠٠ سنة ق . م ، اصبح يستخرج كيميائيا من المرو المسحوق (زجاج الكوارتز) وذلك بملغمته مع الزئبق . الذهب اصفر ولماع ، وسهل المعالجة اذ يمكن سحبه اسلاكا او تطريقه لاعطاءه اشكالا مختلفة ، وهو يقاوم التآكل والتأثر بالعوامل الكيميائية . لهذه الاسباب يستعمل استعمالا واسعا في صنع الحلى الغالية الثمن والمجوهرات وعموما كوسيلة لتخزين الثروات . البلدان الرئيسية المنتجة للذهب هي الاتحاد السوفييتي وجنوبي افريقيا .

تقوم الطريقة العادية لحك واختبار الذهب على صب حامض الهيدروكلوريك او حامض الازوتيك منفصلين على المعدن ، لأن الذهب الخالص يقاومهما ، لكنه يذوب في

٤

٥



على الارجح مصادفة بانصهار ركازي النحاس والقصدير . كانت شعوب الشرقين الاوسط والاقصى تستعمله في صنع الاشياء الاعتيادية كالمرايا وصنع التحف الفنية كهذا الهر المصري الذي يُظن انه نُحت وصب قبل ٤٠٠٠ سنة .

(٣) . النكل معدن ثابت لا يتغير . يستعمل مع كميات قليلة من معادن اخرى في انابيب مفرّغة كصمام الخرج هذا وفي انابيب الاشعة الكاثودية المستعملة في اجهزة التلفزيون . ولكن في اكثر اوجه استعماله المعدنية يكون مخلوطا ، فهو يدخل مثلا كجزء من اجزاء الفولاذ المتّصف بالصلابة والثبات ولا سيما مع الكروميوم في الفولاذ الذي لا يصدأ . وللنكل ايضا اوجه استعمال كيميائية عديدة .

(٤) . صُنع خليط جديد من الالومنيوم يحتوي على ٢٠ ٪ من القصدير لزيادة قوة التحمل لدى بعض المعادن البيضاء وتمكينها من تحمُّل المزيد من الشحنات . يرى هنا تركيب قطعة من الالومينيوم فيها قصدير على محرك ديزل كبير .

(٥) . لأشابات او خلائط النحاس اوجه استعمال عديدة في الهندسة البحرية . يحتوي الصفر الشديد المقاومة ، كالصفر المستعمل في دواسر البواخر ، على ٤٠٪ من الزنك . وكثيرا ما تضاف الى هذا

٦

مفتوح
مقفل
مفتوح
مقفل

الخليط عناصر اخرى لتعزيز ميزات خاصة بالنسبة الى اوجه استعمال مختلفة . للحصول على انواع جديدة من الصفر شديد المقاومة ، من الممكن اضافة كميات من القصدير والالومينيوم والمنغنيز والحديد الى النحاس . تُعرف المنتوجات احيانا باسم البرونز المنغنيزي .

(٦) . في المفتاح ذي الموصل الزئبقي تنتهي الدائرة الكهربائية بعرق من الزئبق . يكون الطرفان ملحومين في انبوب زجاجي يمكن امالته . في وضع «الدوران» يغمرهما الزئبق . وعند «التوقف» ينحسر عنهما فيتوقف مرور التيار .

مزيج منهما يعرف بالماء الملكي . هناك مذيبات اخرى للذهب هي ماء الكلور والسيانيد القلوي والزئبق . الذهب معدن طريّ للغاية ، ويستعمل عادة في خلائط مع الفضة او مع النحاس . يدل عدد القراريط على عدد اجزاء الذهب الخالص في ٢٤ جزءا من الخليط . فتسعة قراريط من الذهب في خليط من الذهب والنحاس تعني ٩ اجزاء من الذهب الخالص و ١٥ جزءا من النحاس .

صُهر النحاس منذ حوالى ٤٠٠٠ سنة ق . م ، مع انه من المرجح ان يكون قد اكتشف في حالته الطبيعية قبل ذلك التاريخ . المرجّح ان اول فرن صهر النحاس كان نار المواقد حيث انصهر عرضاً لأول مرة ركاز النحاس الموجود في الصخور تحت تأثير نار فحم الحطب فاعطى النحاس المعدني . اصبح النحاس اليوم معدنا تجاريا اساسيا يستعمل بمعدل ملايين الاطنان سنويا .

٧



٨



٩



(٧) ـ تُستعمل القطع النقدية اليوم لأدنى القيم المالية ، لكنها كانت في الماضي الشكل الوحيد للتداول التجاري بين الشعوب . انها تصنع من معدن كخليط النحاس والنكل المتين والمقاوم للتأكل والذي هو في الوقت ذاته سهل التشكيل .

(٨) ـ لا تبدو على هذا الحوض من الرصاص الذي صنع حوالى عام ١٨٨٠ اية علامات تأكُل ، وهذا ما يبين مدى مقاومة هذا المعدن لتأثير الماء العادي . اكثر المهندسون المعماريون الرومان من استعمال الرصاص في شبكات توزيع المياه وفي الحمامات العامة .

(٩) ـ يزيد طلاء مصدّات السيارات بالكروم في طول اجلها ويحسن مظهرها . الكروم عنصر اساسي في صنع الفولاذ الذي لا يصدأ وانواع الفولاذ الأخرى التي تحتاج الى صلابة فائقة ومقاومة للتأكل . يُخلط مع النكل لصنع اسلاك متينة لاجهزة التدفئة الكهربائية ووحدات الانتاج الصناعي . لكنه يُستعمل في الدرجة الاولى لتغليف القطع الفولاذية او المركّبات اللدائنية .

النحاس سهل المعالجة ويخلط بسرعة مع غيره (٥) . والفضة وحدها تفوقة توصيلا للحرارة وللكهرباء . يمكن لحم النحاس بسهولة بمختلف طرائق التلحيم ، وهو يقاوم التأكل نسبيا . كل هذه الصفات تجعله شائع الاستعمال في الصناعة الكهربائية وحيث يجب نقل الحرارة بسرعة .

الفضة معدن اسطوري آخر ، كثيرا ما ورد ذكره في الشعر وفي الروايات . يُظَن انه اكتشف اصلا في حالته الصافية ، ثم في مركّبات الكلوريد ، واخيرا ممزوجا مع الرصاص في كبريتور الرصاص الطبيعي . اكثر ما تُستعمل الفضة في الصناعة وذلك لانها تقاوم التأكل . وتستعمل ايضا بوفرة ، بشكل املاح ، في المستحلبات الفوتوغرافية . كما تستعمل لصنع الميداليات وادوات المائدة المزخرفة والمصنوعات التذكارية . وتعطيها خصائصها الكهربائية الممتازة كثيرا من اوجه الاستعمال ، كما تجعل منها قيمتها الكبيرة وسيلة لتخزين الثروة .

الرصاص والقصدير وخلائطهما

للرصاص (٨) ، الذي وصفه شكسبير بالخسيس بالمقارنة مع المعادن الكريمة ، تاريخ طويل . لا يوجد صافيا في الطبيعة ، ويُظَن انه اكتشف بانصهاره مصادفة كما اكتُشف النحاس ، غير ان الركاز الذي انفصل عنه كان هذه المرة سلفور الرصاص . عُثر على كؤوس من رصاص تعود الى ٣٥٠٠ سنة ق . م ، وكان الرومان يستعملون الرصاص لصنع قساطل لجر المياه ، كما استعملوه في ما بعد لسقف السطوح . يذوب الرصاص بدرجة حرارة منخفضة نسبيا (٣٢٧° س) ، ويُسبك بسهولة ، ويعطي عددا من الخلائط او الأشابات ؛ فهو يمتزج مع القصدير لاعطاء اللحام ، ومع الإثمد لصنع المراكم الكهربائية .

اما القصدير ، فكان يستعمل في العصور القديمة لصنع البرونز . يُظَن ايضا ان اكتشافه الاول كان مصادفة ، وانه نجم عن انصهار اشابة مؤلفة من ركازي النحاس والقصدير . يستعمل اليوم في الدرجة الاولى لتغطية الفولاذ وحفظه من الصدأ ، اذ انه يحفظ الفولاذ من التأكل . وهو فوق ذلك يلتحم بسهولة وليس ساما . لذلك تصنع من القصدير اوعية وعلب للمأكولات .

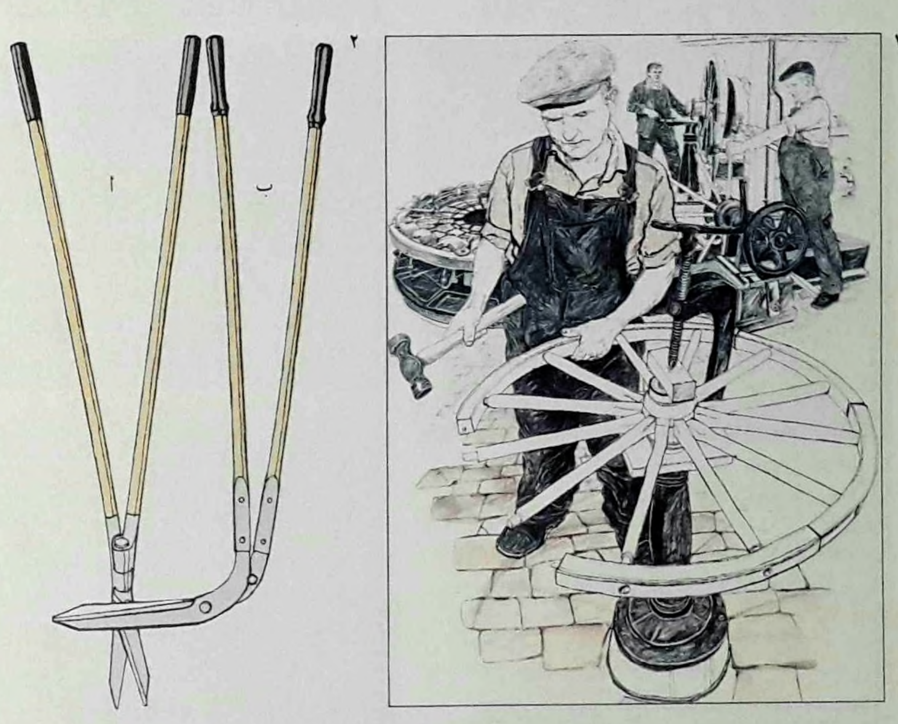
هناك وجه استعمال رئيسي آخر للقصدير اليوم هو اللحام ، فضلا عن اوجه استعمال اخرى لصنع انواع البرونز الحديثة ومعادن اخرى شديدة المقاومة (٤) . ولمركبات القصدير العضوية اوجه استعمال عديدة ، اذ تستعمل مثلا كمُقِرّات كيميائية وكمبيدات للحشرات تتميز بانها لا تلوث التربة لمدة طويلة لأنها سرعان ما تحلل الى عناصر لا عضوية غير ضارة .

الزئبق المعدن السائل

الزئبق ، وهو المعدن الوحيد السائل في درجات الحرارة العادية ، طالما فتن الشعراء الذين اعتبروه « فضة سائلة » . من المرجح انه كان معروفا منذ حوالى ٥٠٠ سنة ق . م ، وكان يحضر من الزنجفر ، وهو كبريتيد الزئبق ، بتحميصه او بمزجه مع الخل . وكان الرومان يستعملون الزئبق استعمالا واسعا في الادوات العلمية كالبارومترات والترمومترات والمفاتيح الدقيقة (٦) وغيرها وكجزء من اجهزة تفجير المتفجرات .

الأدوات اليدوية

ان « محرك » الأدوات اليدوية هو عضلات من يستعملها . ولدى الحرفيين في مختلف النشاطات البشرية انواع عديدة من هذه الأدوات . وقد أدت المواد الحديثة وطرائق الصناعة العصرية الى اختراع ادوات يدوية جديدة ، كالأداة التي تجمع بين وظيفتي المسحج والمبرد . لكنه من السهل تمييز الادوات التقليدية حتى لو كانت في حلة حديثة . بالاضافة الى ذلك ، أدى المجتمع الاستهلاكي اليوم الى صنع ادوات خاصة للهواة ، وما أدوات البستنة سوى مثال حسن عنها (٢) . جميع ادوات الحرفيين الحاليين تقريبا هي نتيجة تطور عدد محدود من النماذج الاساسية ، ويمكن تصنيف هذه



(١) ـ المطرقة ومشد الوصلة هما من الادوات التي يستعملها صانع العجلات . لصنع العجلة ، يجمع القبّ اولا ، ثم يأخذ بيده البرامق التي يكون قد اعدّها مسبقا ويغرزها في مواضعها . بعد ذلك ، يثبّت الحتار المؤلف من عدة قطع على البرامق ، بعد ان يكون قد ثبّت العجلة بملزمة . اخيرا يحمي الاطار الفولاذي بالنار ويلفه على العجلة بحيث يتقلص في مكانه عندما يبرد فينضم بقوة على العجلة .

(٢) ـ الادوات القاطعة خير عون للبستاني وللنجار على السواء . تعمل مقاريض البستنة وفقا لمبدأ المقصّات . فلكل منها شفرتان قاطعتان تعملان بالتقابل . تمكّن مقاريض الحدائق (أ) من الوصول الى الزوايا التي يتعذّر وصول جزّارات العشب اليها . اما

الادوات حسب وظائفها الرئيسية كما يلي : ادوات التطريق ، ادوات القطع ، ادوات الشق ، ادوات التشكيل ، ادوات الثقب والحفر ، ادوات القياس والترقيم ، ادوات القبض والامساك ، ادوات الشحذ ، والادوات العاملة بالبراغي .

التطريق والقطع والثقب

اكثر انواع المطارق شيوعا مطرقة النجار المخلبية ، التي تقوم وظيفتها الاساسية على غرس المسامير في الخشب وانتزاعها منه . لكن ثمة انواع عديدة اخرى من ادوات التطريق (١) ، منها المطارق الخشبيّة والمهدات والمدقات . ويستخدم الحدادون والنحّاسون والبناؤون بالآجرّ والمنقبون وحفّارو الخشب والبناؤون بالحجر والصاغة والكيميائيون مطارق متنوعة عديدة . وهي تتراوح في الوزن ، من المهدّة الثقيلة

٣

٤



٥



مقاريض التحفيف (ب) . فلها شكل مختلف يمكّن من قطع العشب على حواف الحدائق المرتفعة .

(٣) - مخارز الاسكاف التي ترى على رف المنضدة هي ادوات ثقب نموذجية .

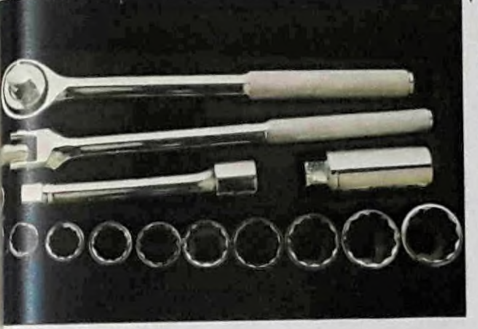
(٤) - يفضل حجر الجلخ اليدوي على سواه من ادوات التجليخ . في كثير من بلدان آسيا وافريقيا وحتى في عدد من المدن الاوروبية ، لا يزال يرى جلاخون على الحجر يعملون في الشوارع .

(٥) - يستعمل حفار الخشب ازاميل ومناقير مقوسة ومطرقة خشبية ليحفر رسوما معقدة او ليصنع منحوتات خشبية . من الضروري ان تكون الأدوات حادة للغاية ، اذ يقتضي الأمر احيانا شق فتحات كبيرة في الخشب مضبوطة بدقة .

التي لا تقوى اليد على رفعها الى الاداة الدقيقة التي يستعملها الصائغ لزخرفة المعادن الثمينة بنقوش نافرة. ولكل نوع منها شكله الخاص لتأمين عمل معيّن. فقد يكون رأس الأداة قاسيا بما يكفي لتطريق الحديد، أو ليّنا بحيث لا يؤذي المقبض الخشبي لأداة اخرى. من اهم اجزاء المطرقة المقبض الذي يجب ان يكون متوازنا ليكون مريحا وفعالا في آن واحد.

يمكن تصنيف ادوات القطع والشق والتشكيل حسب عدد حدودها القاطعة. ولعل الادوات ذات الحد الواحد اكثرها عددا، وهي تشمل الامواس والازاميل والمظافير والفؤوس وغيرها. وللفأس ذاتها المعدة لقطع الاشجار والبَلطية التي هي شكلها المصغَّر اشكال خاصة متنوعة. اما السكاكين والسيوف، فلا حصر لأشكالها، من السيف الحربي الى مِشرط الجراح، وما مسحج النجار سوى مثال عن

٦


٧


٨


(٦) - غرف العمليات الجراحية الحديثة مجهزة بمجموعة من الادوات الدقيقة المصنوعة من مواد متينة لا تصدأ. ملاقط الجراحين نوع خاص من الادوات القابضة.

(٧) - لمجموعة مفاتيح الربط سلسلة من الاحجام بمقبض واحد مما يجعل المجموعة صغيرة الحجم. وهي تستعمل لشد العزق بمقدار معيّن.

(٨) - لم تتغير ادوات الاشغال الخشبية الا قليلا عبر مئات السنين. يبين هذا القسم من اللوحة التي عنوانها «المسيح في مصنع النجار» للرسام الانجليزي جون ميليس (١٨٢٩-١٨٩٦) مسحاجا وكماشة ومنشارا اطاريًا أو قوسيا تشد فيه الشفرة بواسطة حبل مجدول مثبت في طرفي «القوس». وتشاهد ادوات في المسند على الحائط، منها الازميل والمثقب ومخرز للثقوب الصغيرة في الخشب. وهناك ملزمة في مقدمة الصورة.

سكين ذات شكل مخصص تستعمل للصقل (٨) . وهناك أداة اخرى هي مالج البنّاء المستعمل لمدّ الملاط .

قد يكون للسكاكين حدان يعمل كل منهما على حدة ، بينما للمقاريض والمقصات حدان يعملان بالتقابل . اما المبارد والمناشير ، فلها عدة اسنان قاطعة ، وقد تكون هذه الاسنان دقيقة لقطع المواد القاسية او خشنة لقطع المواد الليّنة نسبيا . وتختلف المناشير ايضا باتجاه اسنانها ، اي بمدى انحنائها الى اليمين او الى اليسار بالنسبة الى شفرة المنشار .

تُشحذ الادوات القاطعة على مواد اصطناعية كالكربورندم (٤) . غير انه كثيرا ما تستعمل احجار طبيعية لهذه الغاية ؛ فقد كانت حجارة الرصف القديمة تستعمل كشاحذات جيدة للازاميل على البارد . ويمكن ايضا استعمال حجر رحويّ لشحذ الازاميل ، لكن من الضروري اكمال الشحذ باليد . اما الادوات ذات الحد المتقوس ، فلا بد لها من حجارة خاصة لتتناسب مع شكلها .

المثاقب ضرورية لثقب المواد الصلبة . تصنع المثاقب عادة من الفولاذ المقسى الذي يجب ان يُعطى شكلا يتناسب مع المادة التي يراد ثقبها ومع السرعة التي يتم بها الثقب .

ادوات القياس والترقيم

جعل تقدم العلم من الممكن صنع ادوات فائقة الدقة لقياس عدد كبير من القياسات المتنوعة ، لكن الكثير من هذه الأدوات التي تستعمل يوميا مشتق مباشرة عن نماذج كانت معروفة منذ مئات السنين . يُعيَّن الاتجاه العمودي بواسطة الفادن ، وهو خيط في طرفه ثقل ، ويعيَّن الاتجاه الأفقي عادة بميزان تسوية كحولي ، وهو انبوب شفاف يحتوي على كحول او على سائل آخر تحبس فيه فقاعة هواء . تُستعمل الفراجير (البركار) وفراجير التقسيم لرسم دوائر او اقواس ، وتستعمل القَدمات (المسماك) لتحديد اطراف المسافات او لقياسها ، كما يستعمل الميكرومتر لضبط الاقطار الصغير بدقة . اما القياسات الكبيرة فتقاس بمساطر من الفولاذ اللدن . ويستعمل الكوس لرسم الزوايا القائمة او للتثبت من تعامد ضلعين .

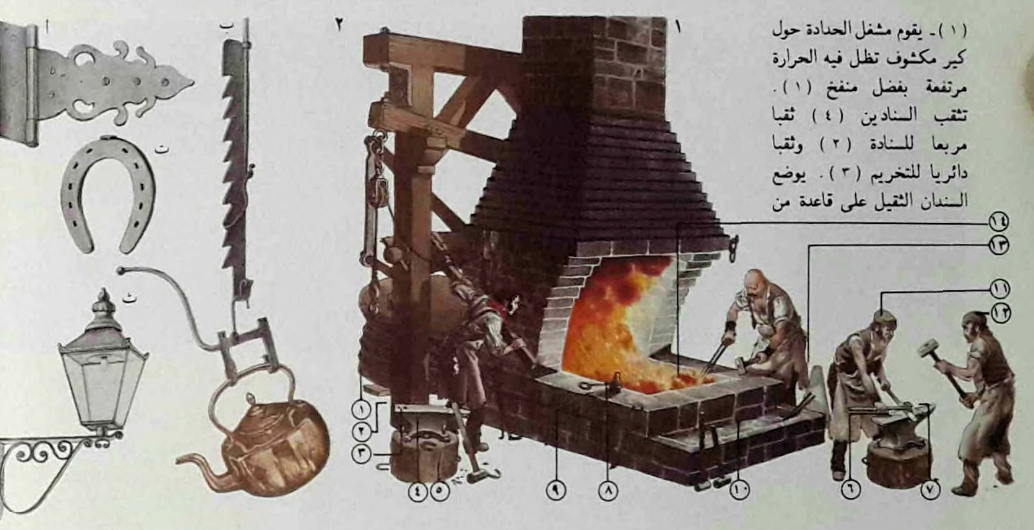
ادوات الامساك والادوات العاملة بالبراغي

الزرَديات والكلّابات والملاقط ادوات للامساك تمسك بالاشياء بطريقة تفوق اليد سهولة واحكاما . وهي تتراوح بين كلّابات الحداد التي تمكّنه من مسك القضبان الحديدية المحمية المتوهّجة وبين ملاقط الجراحين (٦) . يستعمل النجارون وصانعو الادوات المعدنية عموما مناضد وملازم . تتراوح المادة التي يتكوّن منها سطح الملزمة بين الفولاذ الصلد وبين اللّباد الليّن ، وذلك حسب رقة القطعة المعالجة والقوة المنصبّة عليها . وهناك ايضا اشكال اخرى من الملازم بما فيها مشدات الوصلة بشكل (١) . ومفاتيح الربط والسيور البسيطة التي تثبت في الرجل .

تصنع مسامير البرم والعزق والبراغي باشكال واحجام مختلفة ومن مواد متنوعة بما فيها اللدائن (البلاستيك) . وتلبّي مفكات البراغي ومفاتيح الربط والمفاتيح الانجليزية (٧) حاجات مختلفة .

الصناعة اليدوية للمعادن

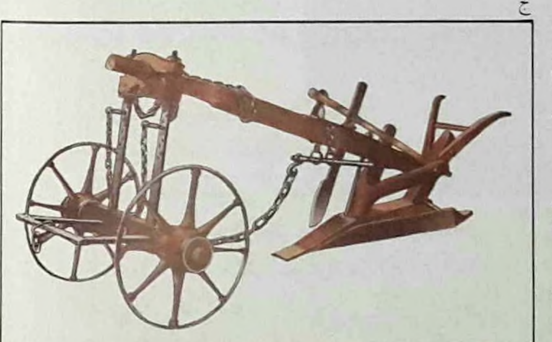
اكثر المعادن موصّلة ممتازة للحرارة والكهرباء ، وكثير من المعادن الشائعة يمكن مزجها معا لتشكيل اشابات ، وهي مواد لها خصائص تختلف عن خصائص المعادن المؤلفة منها ، وتكون اكثر منها نفعا من النواحي العملية . كان الانسان البدائي يجهل اكثر خصائص المعادن ، لكنه كان يقدر متانتها ومقاومتها وصلابتها وقابليتها لاتخاذ جميع الاشكال المطلوبة تقريبا . وعندما لاحظ ايضا ان بعض المعادن تحتفظ بلمعان لا يفقد بريقه ، وانها جميلة المنظر ايضا ونادرة الوجود ، استعملها لسك النقود ولصنع الحلى ، فأصبحت تعرف بالمعادن النفيسة .



(١) ـ يقوم مشغل الحدادة حول كير مكشوف تظل فيه الحرارة مرتفعة بفضل منفخ (١) . تثقب السنادين (٤) ثقبا مربعا للسنادة (٢) وثقبا دائريا للتخريم (٣) . يوضع السندان الثقيل على قاعدة من خشب الدردار (٥) ، وينتهي وجهه (٦) بطرف مستدق (٧) . ترى مدقة (٨) على مقربة من صندوق الادوات (٩) . يستخدم حوض الماء (١٠) لتبريد المعدن المحمي . يحضر الحداد (١١) بعناية القطعة ليقدمها للمطرّق (١٢) . يحتوي صندوق (١٣) موضوع على الارض بقرب الموقد (١٤) على ادوات اضافية . كان الحدادون لا يبيطرون الخيل فحسب ، بل كانوا يقومون ايضا بجميع انواع الاشغال المعدنية التي تحتاجها محليا الزراعة والهندسة وحتى المنازل .

---

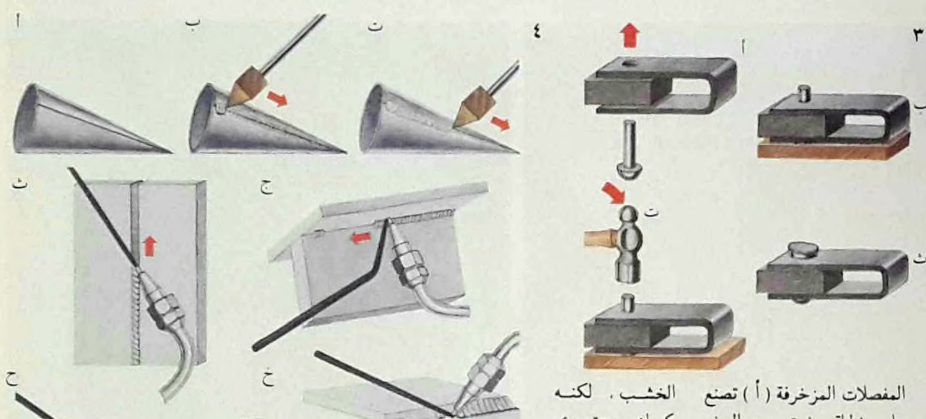
(٢) ـ تشكل هذه النخبة من منتوجات الحدادين مجموعة نموذجية من حاجات المستهلكين بين عامي ١٢٠٠ و ١٨٥٠ ، وهي مدة تطورت فيها الاشكال تطورا بطيئا . كانت



الخطوات الاولى في علم المعادن

عرفت الشعوب المتحضرة ، منذ ٦٠٠٠ سنة ، شغل الذهب والنحاس والفضة ولربما القصدير ايضا . نشأ علم المعادن ، في اول الامر ، من اكتشاف الفلزات الطبيعية (التي كانت توجد طبيعيا في حالتها المعدنية) . لكن الانسان تعلّم تدريجيا طريقة استخراج المعادن من اركزتها باحمائها في فرن من فحم الحطب عادة . وفي حوالى عام ١٤٠٠ ق . م . كانت لديه منافخ يشغّلها الماء ترفع حرارة الافران الى درجة تمكّنها حتى من صهر الحديد .

بعد ان يصهر الحديد ، يصبح بالامكان صبّه بسكبه ، وهو سائل محمي لدرجة البياض ، في قالب وتركه يبرد . تعلم الانسان ايضا وتدريجيا طريقة صنع قوالب اكثر تعقيدا وتكون مصمّمة بشكل يمكّن من فتحها لانتزاع المصبوب منها . فير ان من أهم الطرائق الاولى لاعطاء المعادن اشكالا



المفصلات المزخرفة (أ) تصنع على نطاق ضيق من الصفر لاغطية علب المجوهرات . كان الغرض من هذا الكلّاب (ب) تعليق غلاية فوق الموقد وصب الماء المغلي منها بأمان . وكانت نعال الخيل (ت) تصنع بالملايين بتصميمات مختلفة كثيرا ما تشير الى مكان صنعها وزمانه . كان بالامكان تسمير المصابيح (ث) او تثبيتها ببراغ على جدران المنازل الخارجية مما كان يفسح المجال للحداد لاظهار براعته ومهارته في الاشغال المعدنية . كان محراث « كنتش » في القرن السابع عشر (ج) ما يزال يصنع من الخشب ، لكنه كان يحتوي على قطع اساسية من الحديد .

(٣) ـ البرشمة طريقة لجمع المعادن بدون صهرها . تثقب القطعتان اللتان يرغب في جمعهما (أ) ويدخل برشام محمي في الثقبين (ب) . يطرق طرف البرشام كرويا (ت) بمطرقة الى ان يصبح مسطحا فيغدو وصلة محكمة . يمكن ايضا ربط اجزاء القطع الكبيرة كالجسور وصفائح ابدان السفن معا باستخدام البراشيم والمطارق الآلية .

(٤) ـ من الممكن لحم الصفائح المعدنية لوصلها ، ولا سيما صفائح النحاس والصفر . للقيام بهذا العمل ، تعطى القطع اولا شكلها النهائي (أ) . ثم تنظف الأطراف المنوي وصلها بمادة خاصة ، تطلى بطبقة رقيقة من سبيكة اللحام (ب) . واخيرا تمر على الطرفين .كاوية لحام محمية لوصلهما بالصهر (ت) . هناك طرائق مختلفة لوصل صفيحتين من المعدن باللحام . يمكن استعمال اللحام التناكبي لوصل صفيحتين على خط واحد (ث) او متعامدتين (ج) ، في اللحام التراكبي تلحم وصلة التراكب (ح) على كل من وجهيها ، اما اللحام الزاوي (خ) فيصب فيه شريط اللحام على كل من خطي الاتصال .

مختلفة هي الحدادة . في هذه الطريقة لم يكن من الضروري صهر المعدن ، بل كان يكفي ان يطرّى بالاحماء ليصبح لونه برتقاليا ساطعا ثم يعطى الشكل المطلوب بالطرق . بعد ذلك صنع الحدادون (١) السندان ، ثم مجموعة متزايدة من الادوات المختلفة ، لتطريق المعادن المحمية (٧) . وقد تعلموا معرفة نوعية الحديد بالنظر ، كما تعلموا تقدير الدرجة الصحيحة لحرارته وكيفية اعطائه الشكل المناسب قبل تبريده .

على مدار الاجيال انتشرت تدريجيا مجموعة كبيرة من الأدوات المألوفة تختلف من منطقة الى منطقة ، لكن يؤدي كل منها دوره الخاص . فالسكاكين ، ونصال المحاريث ، والحدوات ، ومفصلات الابواب ، والمشابك ، والسفافيد ، والاثفيات ، والمهاميز كانت كلها ادوات يومية نموذجية تصنع بمجرد المهارة والخبرة وبدون تصميم او





(٥) - يستعمل النحاتون الحاليون الاكسيجين والاسيتيلين لقطع المعادن ولحامها واعطائها اشكالا جديدة . اذا ارتفعت حرارة المعدن الى درجة الانصهار ، فانه يسيل فيستطيع الفنان التحكم بالمادة المنصهرة للحصول على اشكال جديدة لا يمكن الحصول عليها بأية طريقة اخرى . تمكّن هذه التقنات ايضا النحات من استخدام مجموعة كبيرة من المواد . في وقت ما كانت اكثر المنحوتات المعدنية تصنع بالصب في قوالب وتستعمل فيها معادن كالبرونز . اما اليوم ، فيستطيع النحات شغل معادن درجة انصهارها عالية كالفولاذ الذي لا يصدأ . وهو ، كجميع عمال اللحام ، يحتاج الى نظارات سوداء تقي عينيه من البهر ومن الشرر المتطاير .

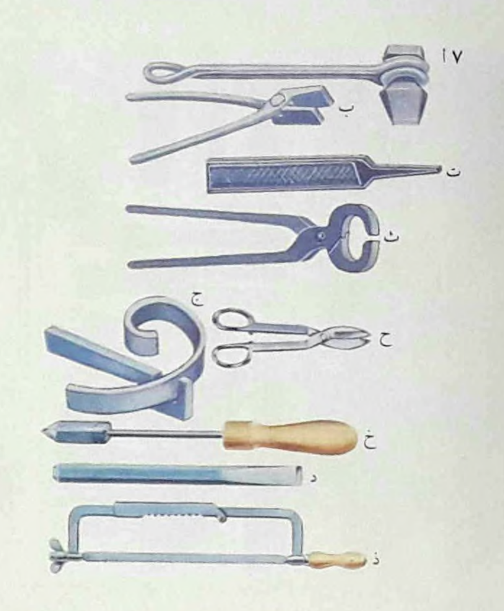
(٦) - بلغ شغل المعادن لغايات تزيينية في الهند منذ الف سنة درجة من الاتقان لم يتعداها حتى اليوم . فقد استنبطت طرائق لنقش المعادن اللينة وحفرها ، وملء تجويفاتها بالمينا او ترصيعها بمعادن اخرى من لون مختلف . كانوا يستعملون معدنين من افضل المعادن للاشغال التزيينية هما الذهب والفضة وذلك لقابليتهما الكبيرة للطرق ولامكان اعطائهما اشكالا مختلفة على البارد دون تمزيقهما . يصنع نقّاش الصفر هنا (الرسم) في جايبورد (راجستان) طبقا ربما يكون معدا للبيع في الغرب ليعلق على حائط . في كثير من البلدان قد يكون هذا العمل ، الذي يتطلب جهدا يدويا شاقا ودقيقا ، غير ممكن من الناحية الاقتصادية .

قياس سابقين .

كان صنع المجوهرات هو ما حمل الانسان في بادىء الامر على اللجوء الى تقنية اللحام (٤) التي تستعمل فيها ، لوصل اجزاء المعادن معا ، اشابة خاصة تكون نقطة انصهارها منخفضة .

سحب الاسلاك واللحام

من خصائص المعادن انها قابلة للسحب ،



(٧) ـ لم تتغير ادوات الاشغال المعدنية الا قليلا عبر الاجيال . للادوات القاطعة شفرة قاطعة (كالازميل) او شفرتان قاصتان (كالمقرض) او عدة اسنان (كالمنشار والمبرد) . صممت ادوات اخرى للامساك بالمعادن المحمية عند ليها او قطعها . ترى هنا ادوات الحدادة ومنها ، أداة (أ) لقطع الحديد الملين بدرجة الحرارة الحمراء ، وكلابة مستوية الفكين (ب) ، ومبرد للحوافر (ت) ، وكلابة البيطار (ث) ، واداة (ج) للي الحديد المشغول . يرى ايضا مقراض للقصدير (ح) وكاوية لحام (خ) وازميل (د) لشغل المعادن الباردة ومنشار للمعادن (ذ) .

وهذا ناشىء عن مقاومتها للشد وقابليتها للمطل (قابلية تغيير الشكل دون الانكسار) . وبما ان المعادن الأولى كانت طرية الى حد ما ، الا اذا عولجت بنوع خاص كشفار السيوف مثلا ، فقد كان بالامكان قطعها او ثقبها بسهولة ، شرط احمائها اذا كانت ضخمة . لكن الاشياء الصغيرة كانت تعالج باردة .

في حوالى عام ١٨٠٠ ظهرت تقنة تلحيم المعادن باستعمال شعلة غاز حارة ، وفي اواخر القرن بلغت هذه الطريقة درجة عالية من الكمال حتى تحولت الى اللحام بالقوس الكهربائية .

قيمة الادوات المصنوعة باليد

كان عمل الحرفيين ، الذين يستخدمون ادوات مصنوعة باليد بمهارة يدوية ومقدرة صقلتها الخبرة ، كثيرا ما يشكل افضل الحلول لكثير من مسائل الاعمال المعدنية ، وبخاصة عندما يكون من الضروري ان تكون هذه الاعمال مبتكرة او عندما تكون الاشياء تصنع تلبية لطلب فردي .

يصح هنا ايضا في عدد كبير من الاشغال المستندة الى اعمال معدنية كاشغال البناء وتركيب مجاري المياه واشغال الزراعة وصنع هياكل المحركات واصلاحها وكثير من الاشغال المنزلية .

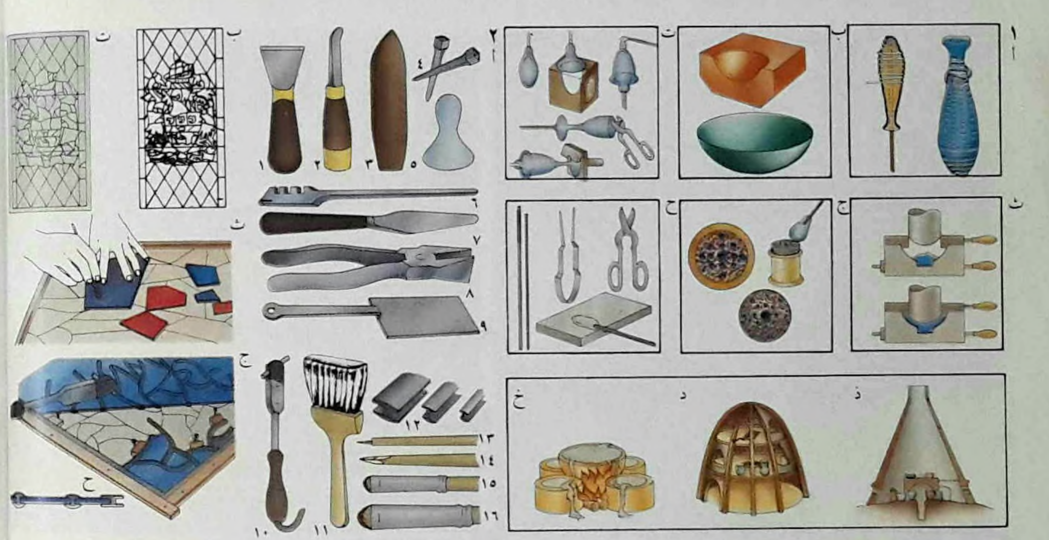
اكثر هذه الاعمال يتطلب بعض انواع الوصل كاللحام بالقصدير او بالنحاس الاحمر ، كما يتطلب بعضها استخدام الكير . لكنها جميعها تستعمل ادوات يدوية كالمقصات والمناشير والمبارد لقطع المعادن واعطائها اشكالها وتزيينها وهي باردة .

صناعة الخزف

الخزف ـ وهو يشمل اصلا الفخار والزجاج والمينا ـ هو من أقدم منتوجات الابداع البشري. وحتى اليوم لا يزال استعماله (٣) متعدد الوجوه الى درجة انه اصبح له مجالات تطبيق جديدة ابتداء من العازلات العالية الفلطية وانتهاء بقطع الرادار والكومبيوتر وانواع الوقود النووية.

تاريخ صناعة الخزف

خلال الحقبة الجليدية الاخيرة كان الصيادون يصنعون تماثيل صغيرة للحيوانات من الصلصال ويقوّونها بالنار. الصلصال اساسا خليط من اكسيدات الالومينيوم والسيليكون



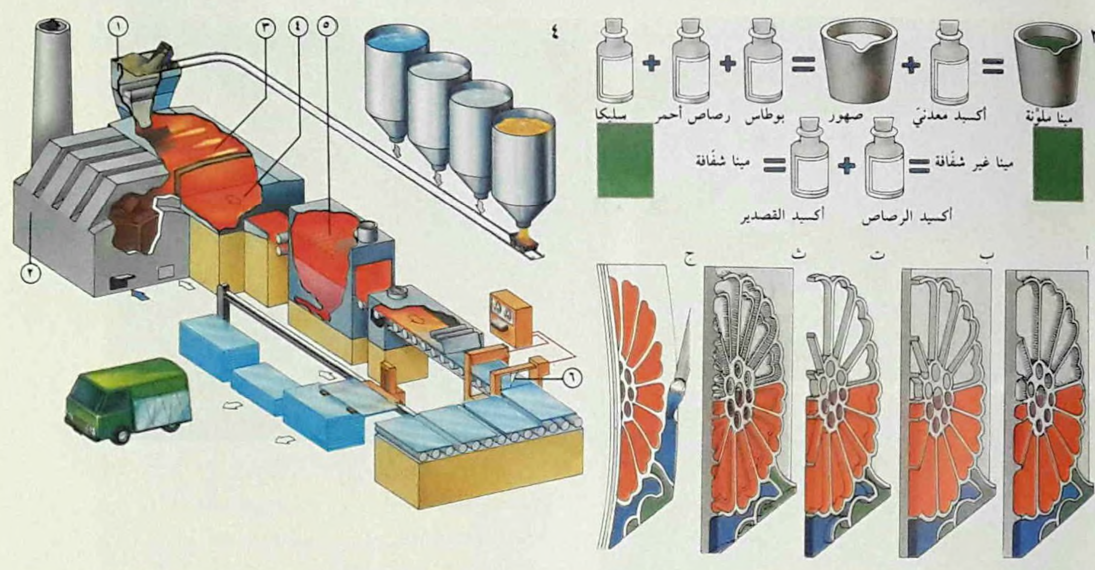
(١) ـ كانت الزجاجة تصنع، في الازمنة القديمة، بصهر (أ) المادة الخام وغمس قالب من الرمل فيها وهو مشدود باشرطة من الزجاج او باعطائها شكل القالب (ب). وكانت كأس الماء (ت) تصنع بنفخ الزجاج المنصهر في قالب وباضافة ساق اليه وتشكيل قاعدة له ونزع الزوائد منه. وكانت تصنع كابسات الورق المزخرفة بصهر قضبان ملونة من الزجاج واحاطتها بزجاج (ج). من ادوات العمل المصنوعة من الزجاج (ح) انبوب للنفخ وقضيب وملقط ومقص وصفيحة دروج. كان الزجاج يصهر في بادىء الامر في بوتقات (خ). ثم استخدمت افران جرسية الشكل (د) او مخروطية (ذ).

(٢) ـ يصنع زجاج النوافذ الملون من عدة قطع صغيرة ملونة تجمعها قدد من الرصاص. يصنع الفنان اولا رسما بالقياس الطبيعي (ب). ثم ينقل هذا الرسم التمهيدي مفصلا على قطعة من كتان (ت). يقطع الزجاج وفقا للرسم الكفافيّ (ث) ثم تثبت القطع في الرصاص وتلحم (ج، ح). الأدوات المستعملة ممثلة هنا (أ)، سكين قاطعة (١)، سكين للمعجون (٢)، مصقلة (٣)، مسامير (٤)، صحنة لمزج الألوان (٥)، مقطع زجاج (٦)، ملوق (٧)، زردية ترصيع (٨)، لوحة الألوان (٩)، كاوية لحام (١٠)، فرشاة من وبر الفرير (١١)، قطع رصاص (١٢)، طرف ابري (١٣)، خشبة مشحوذة (١٤)، فرشاتان من وبر الخنزير (١٥ و ١٦).

فيه بعض الشوائب ، وعندما يسخن باعتدال يفقد ماءه المقيد كيميائيا فيغدو مادة مسامية قاسية صالحة لصنع الافران والاواني الفخارية والتماثيل الصغيرة . لكن لصنع منتوج غير مسامي منه ، لا بد من تعريضه الى حرارة مرتفعة كي ينصهر قسم من مادته او يذوب لملء الفراغات الموجودة في داخله .

اذا صهرت السيليكا وتم تبريدها ببطء ، يتم الحصول على زجاج لا على فخار . يعود الطلاء بالمينا الى ٤٠٠٠ سنة ق . م ، لكن الأواني المصنوعة كليا من الزجاج لم تظهر قبل عام ١٥٠٠ ق . م . وكان لا بد من مرور حوالى ١٥٠٠ سنة تالية قبل ظهور تقنة نفخ الأواني الزجاجية .

كان انتاج الأواني الخزفية والزجاجية قد اصبح صناعة آلية متقدمة حتى في القرن التاسع عشر . ولكن في النصف الثاني من ذلك القرن ، اوصل التقدم التقني تلك الصناعة



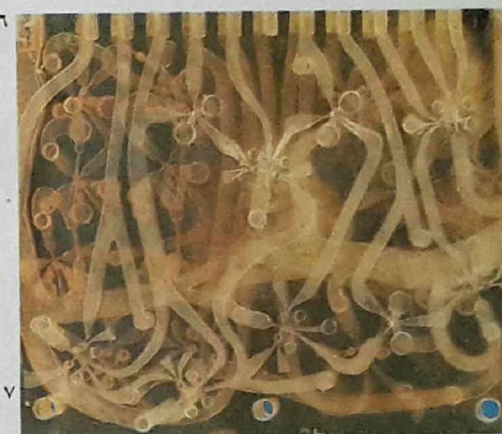
(٣) ـ في الطلاء بالمينا ينوب الزجاج ويطلى به سطح معدني . تصهر كميات من السيليكا والرصاص الاحمر والبوطاس وتضاف الى هذا المزيج اكاسيد معدنية لتلوينه . اذا اضيف اكسيدا القصدير والرصاص نحصل على مينا كمداء . في الطلاء بالمينا المحجرة (أ) تحفر خطوط في المعدن لتشكل رسما كفافيا فيه ، ثم يصبّ مسحوق المينا في الفراغات ويذوّب . وبعد ذلك تبرد المينا وتصقل . ترى هنا التقنات الاخرى المستعملة في الطلاء بالمينا ، مينا مقطعة (ب) ، طلاء بصفائح مهيأة (ت) ، مينا نصف شفافة (ث) ، مينا مدهونة (ج) وكلها اشكال مختلفة للمينا المحجرة .

(٤) ـ اكتشفت طريقة الزجاج العائم شركة انجليزية عام ١٩٥٩ ، وهي تستعمل الآن في العالم اجمع لانتاج الزجاج المسطح المستعمل في النوافذ مثلا . تمزج المواد في قادوس (١) وتذوب في فرن (٢) محمي بالمازوت . ينتقل الزجاج المنوب (٣) بعدئذ الى مغطس من القصدير المنصهر (٤) في جو خاص غير مؤكسد . ينتشر الزجاج على سطح المعدن المنصهر ليشكل لوحا متجانسا مسطحا . عند مرور الزجاج عبر المغطس ، يبرد تدريجيا بحيث يبرز بسطح جامد لا تشوهه الاسطوانات التي تنقله الى فرن (٥) لاعادة احمائه حيث يبرد ثانية قبل ان يتعرض الى عملية قطع وتنضيد (٦) تحت مراقبة كومبيوتر .

الى درجة علمية اعلى . فبنية الخزف الكيميائية لا تحتوي على الكترونات حرة وبالتالي لا توصل الكهرباء ، فغدت هذه الخاصية ذات اهمية كبيرة عندما اصبحت الكهرباء تولد على نطاق واسع . وبما ان انتاج عازلات صالحة مثلا يتطلب معرفة بطبيعة المادة الخزفية اكثر مما يتطلبه صنع فناجين الشاي ، كان لا بد من القيام بدراسات علمية لتركيب مادة الخزف الخام ولطرائق معالجتها بالنار .

التركيب الكيميائي

من الناحية الكيميائية ، يتألف الخزف والزجاج من نسب كبيرة من جزيئات الاكسيجين مضافة اليها عناصر اخرى . لكن الزجاج ، وهو مؤلف خصوصا من السيليكا (س أ ٢) ، فانه يشكل حالة خاصة ؛ فأكثر الأكاسيد لا تعطي زجاجا ، لكن اكثر انواع

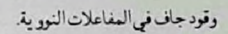
٥


٦

٧


(٥) - يمكن استعمال الزجاج ، وهو من اقدم المواد التي عرفها الانسان ، في بعض التقنيات الاكثر حداثة . فقد حفرت هذه الدوائر المائعة على زجاجة حساسة للضوء . وهناك تقنة خاصة تقوم على ان الزجاج يتبلر بمعالجته بالاشعاع ويصبح الحفر عليه بالحامض امرا سهلا .

(٦) - تتلبد اكاسيد او كربورات العناصر القابلة للانشطار كاليورانيوم لتكون كريات خزفية . فتوضع في اوعية معدنية وتستعمل كعناصر وقود جاف في المفاعلات النووية.



(٧) - تعرف الخزفيات اجمالا بانها مادة مسامية من الفخار المصنوع من الصلصال الذي يحمى الى ان يصبح قاسيا . تكون درجة حرارة الاحماء منخفضة نسبيا بحيث لا تنصهر جسيمات الصلصال وتندمج معا . كما يبدو ذلك في هذا القطاع المجهري لقطعة من الخزف . لجعل الفخار كتيما للماء يطبخ بعد ان يوضع على سطحه طلاء شبيه بالزجاج . اما الخزفيات غير المسامية كالبورسلين الذي لا يطلى ضرورة بمادة زجاجية ، فيطبخ بدرجة حرارة مرتفعة بحيث تنصهر الجسيمات وتندمج معا . غالبا ما تضاف اليها مادة السيليكا لاعطائها بنية لماعة .

(٨) - يصنع الزجاج الخزفي باحماء الزجاج المكون مسبقا لازالة شفافيته . بمراقبة عملية التبلر بمنتهى العناية . يمكن انتاج زجاج خزفي يجمع بين المتانة ومقاومة الحرارة .

الخزف تحتوي على اجزاء زجاجية .

كثير من جسيمات الخزف بلورات دقيقة تنتظم فيها الذرات باشكال هندسية بسيطة . في الزجاج لا يوجد هذا التنظيم الهندسي ، بل تكون الذرات فيه مبعثرة بشكل عشوائي .

عند طبخ بعض الخزفيات ، ليس من الضروري ان تتكون كمية كبيرة من المادة الزجاجية لتأمين الترابط بين الاجزاء .

٩



(٩) ـ منذ زمن بعيد كان الزجاج يلون باضافة كميات صغيرة من المعدن الى المزيج . من الأمثلة الرائعة للزجاج الروماني الملون بالذهب والفضة كأس ليكورغوس في المتحف البريطاني . اذا نظر اليه من خلال الضوء المنعكس يبدو اخضر اكمد ، ومن خلال الضوء المباشر يبدو احمر ارجوانيا نصف شفاف .

٨



فحيث يتكون الجسم الجامد ببطء نتيجة للتلبد (التجمع بفعل الحرارة) ودون ان ينصهر ، تكون النتيجة عادة مادة مسامية كالآجر ، لأن جسيمات المادة ، في هذه الحالة ، تتجمع معا متلازة ، دون ان يتسنى لها سد جميع الثقوب الصغيرة الملأى بالهواء .

الاوجه الحديثة لاستعمال الخزفيات

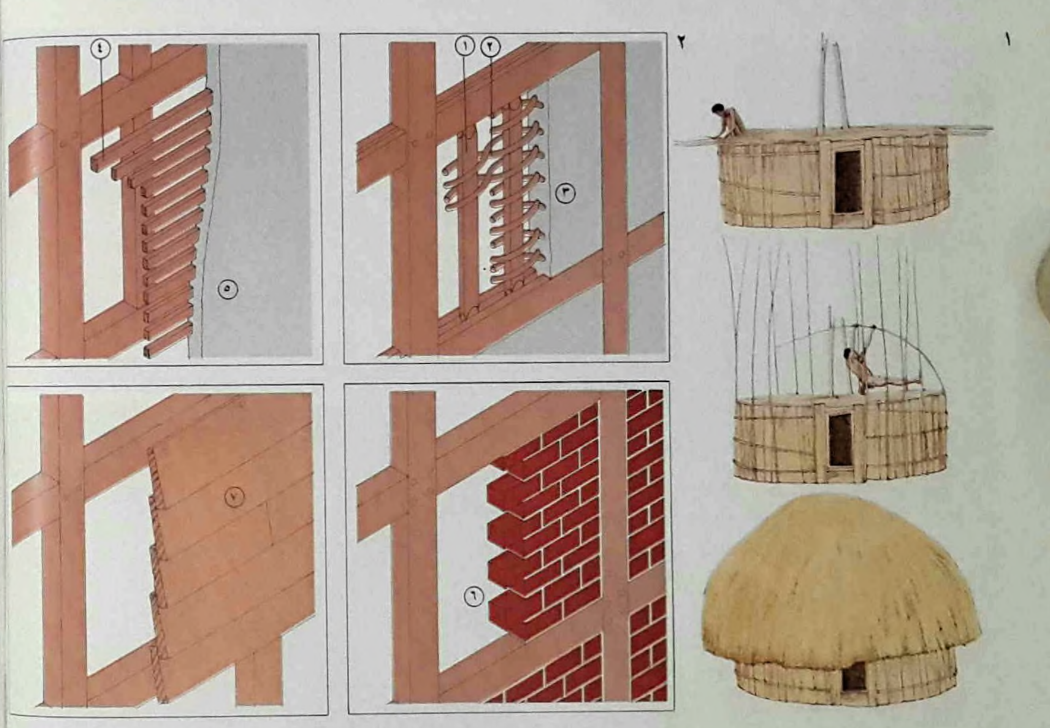
يمكن الآن تحضير خزفيات في غاية الكثافة لتقوية مواد اخرى ولتقوية الخزفيات العادية ذاتها . وهكذا تستطيع الخزفيات اداء دور مهم في الهندسة الحديثة ، فتقوم في بعض الحالات مقام المعادن ، كما في اجزاء المحركات التي يجب ان تعمل في درجات حرارة مرتفعة جدا .

تستعمل خاصيات الخزف الكهربائية والمغنطيسية على نطاق واسع في البلدان المتقدمة اليوم . فالبطاريات الشمسية التي تحول ضوء الشمس مباشرة الى كهرباء تعول على مواد خزفية حديثة .

اذا بردت بعض الخزفيات المحتوية على حديد بطريقة خاصة ، تصبح المواد الناجمة عن ذلك قادرة على تحويل الطاقة الآلية الى طاقة كهربائية (أو العكس بالعكس) بسبب تحاذي القطبين الكهربائيين في المادة ، ويرتكز نقل الصوت وتسجيله اليوم الى حد بعيد على مواد عازلة عفوية الاستقطاب من هذا النوع . كذلك اصبحت قطع خزفية من هذا النوع تشكل اجزاء اساسية من الكومبيوترات واجهزة الرادار والمحركات الكهربائية الصغيرة ، وذلك عندما يكون القطبان المغنطيسيان في تلك الخزفيات لا القطبان الكهربائيان متحاذيين .

مواد البناء

من حاجات الانسان الاساسية الوقاية من العناصر الطبيعية . سد الانسان البدائي هذه الحاجة بالاقامة في الكهوف ، الى ان بدأ احفاده يبنون البيوت . كانت العوامل الرئيسية في تصميم هذه الملاجىء الجديدة المناخ والمواد المتوافرة . ففي المناطق الحارة والجافة مثلا ، كانت تبنى البيوت بنوافذ صغيرة وجدران سميكة من الطين للحؤول دون دخول الحرارة ونور الشمس . اما في المناخات الممطرة ، فراح الناس يبنون عادة بيوتا ذات سطوح مائلة من قش وقصب ليسيل ماء المطر عليها دون ان يتسرب الى الداخل . وفي المناطق المعرضة للزلازل ، كانت البيوت تبنى من مواد خفيفة . ففي

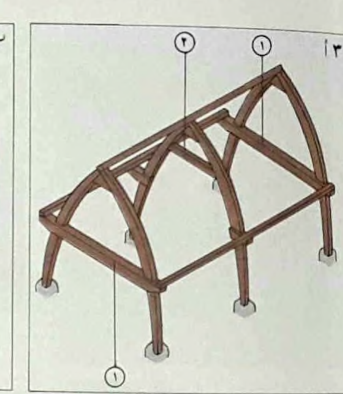
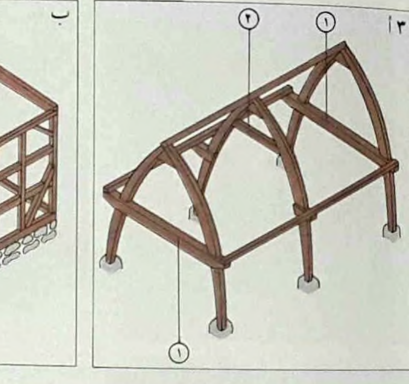


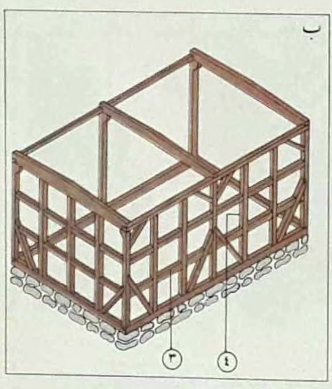
(١) ـ يعطي هنا البيت الذي يخص امرأة من قبيلة داني تعيش في غابات غينيا الجديدة مثالا على استخدام المواد التقليدية . صُنع بواسطة ادوات من العظم والخشب والخيزران والحجر . وهو يتألف من غرفة سفلى ودور علوي للنوم . للغرفة السفلى جدران خشبية وباب عال . والقبة مصنوعة من شجيرات صنع منها ايضا هيكل البيت بكامله . وهي منحنية من فوق ومربوطة بالعمودين المركزيين . سطح البيت مغطى بغطاء من القش الطويل المجدول . يصنع الرجال من ابناء القبيلة . لغرفة النوم العليا ارضيّة من القصب . وهي مجهزة بموقد على قاعدة من الطين لتأمين التدفئة في الليل . يقطع القش ويُحضر بواسطة قدوم من الحجر وهو اداة بدائية تستخدم نباتات معترشة لربط اجزاء البناء معا .

اليابان مثلا ما تزال بعض الجدران الداخلية تصنع من الورق .

البناء بالخشب

استعمل الخشب (٣) مادة للبناء منذ البداية ، الى ان اصبح اليوم يستعمل في البنايات الضخمة ، وان بقي اكثر استعماله في بناء البيوت العادية . واخذت تقنات التصميم المتطورة وطرائق المعالجة الحديثة تتغلب على الكثير من نواحي الضعف التي كانت تشوبه ؛ فقوة الخشب في طول عروق الالياف غير قوته في عرضها ، فتُجعل هذه القوة واحدة بالصاق عدة طبقات معا تتجه تعرقاتها اتجاهات مختلفة ؛ وتطيل في عمر الخشب طرائق حفظه المحسنة ، كما ان هناك طريقة لمعالجته لمنع احتراقه بسهولة . وقد تحسن ايضا نظام وصل البنيات الخشبية ولا سيما باستعمال روابط معدنية ذات



٤

(٢) - في الجدران المصنوعة من هياكل خشبية ، تملأ الفراغات بالواح خشبية (١) يحيط بها سِناد (٢) ويكسوها الطين والجص (٣) ، او بشرائح خشبية (٤) يكسوها الجص (٥) او بآجرّ (٦) . ويمكن ايضا تغطية الاطار بالواح متراكبة (٧) . في اوروبا ، سرعان ما زال الخشب كمادة رئيسية لهياكل البناء . وفي اوائل القرن التاسع عشر ، مكّن تطور الحديد والعوارض الفولاذية البنّائين من تشييد ابنية اكثر ضخامة . وفي ذلك الوقت تقريبا صُنع الزجاج في صفائح كبيرة . وقبل نهاية القرن بدأ استعمال الاسمنت المسلح .

(٣) - كان الخشب مادة البناء الاساسية المستخدمة في بناء البيوت الصغيرة في المناطق الاوروبية التي تكسوها الغابات منذ العصر الحجري حتى القرن الثامن عشر . كانت تُصنع في تلك العهود ابنية بسيطة (أ) من عوارض خشبية مقوسة تحمل السقف والجدران . وكانت روافد افقية (١ ، ٢) تشكل دعائم لتحمّل الثقل . وكانت للاطار الصندوقي (ب) سواعد (٣) ودعائم عمودية (٤) تساعد على جعل البناء متينا وتؤمّن مواضع لتثبيت التغليف .

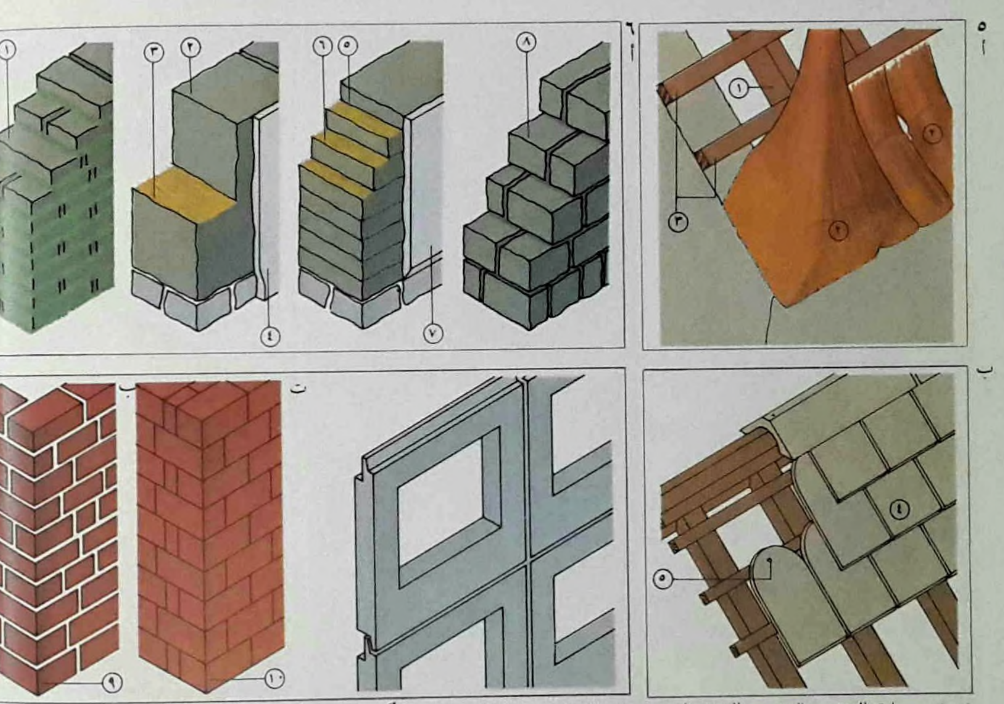
(٤) - من اجل التوحيد القياسي في البناء تصنع وحدات اساسية متماثلة . لكن يبقى من الممكن جمعها بطرائق مختلفة لتأمين المرونة في التصميم . تعود الفكرة الى فالتر جروبيوس (١٨٨٣ - ١٩٦٩) المهندس المعماري الالماني الذي اسس عام ١٩١٩ مدرسة باوهاوس للهندسة المعمارية . كان بيته الخاص احد المساكن الاربعة المخصصة لاساتذة المدرسة القائمة بين اشجار مدرسة باوهاوس في دساو بالمانيا . تُعتبر هذه الابنية مثالا لنظرية جروبيوس في التوحيد القياسي . البيوت مبنية من قطع متشابهة من اسمنت الخَبَث المعدني وتشكّل الجدران العناصر الحاملة الرئيسية . كان لبيته شكل (L) وكان مؤلفا من طبقتين مع مصطبات في كل من الطبقتين . كان المظهر الخارجي للبناء في نظر جروبيوس لا يقل اهمية عن التصميم الوظيفي في الداخل . اليوم يتم بناء المساكن في البلدان النامية بعناصر جاهزة وبسرعة حتى على يد عمال غير اختصاصيين نسبيا .

مخالب تثبيت عديدة توزع الثقل على مساحة واسعة .

يستعمل ايضا الخشب اليوم لصنع بيوت جاهزة للتركيب (٧) . تحضّر في المعامل وتعدّ لتبنى على اساس متين . وهو يستعمل بشكل اوسع في الرافدات والعوارض واطارات النوافذ وفي الابواب والارضيات وهياكل الجدران الداخلية (٢) التي لا تحمل اثقالا والتي تغطيها الواح جصّيّة . ويستهوي الخشب ايضا علماء البيئة ، لأنه من الممكن تجديده بغرس المزيد من الاشجار ، ولأن تحضيره الصناعي لا يؤدي الى تلويث البيئة .

البناء بالحجر والآجُرّ

لا يزال الحجر يُستعمل في البناء . غير انه لم يعُد يقوم في البلدان الصناعية الا بدور ضئيل نسبيا ينحصر في تغطية الجدران وفي الاعمال التزيينية النهائية . يتم الحصول على



(٥) ـ عملية السقف بالقش (أ) طريقة تقوم على تغطية روافد السطح (١) بطبقات من القش (٢) مثبتة عموديا على عوارض افقية (٣) . لا يُصالب القش ولا يُحبك . لكن قد تستعمل قضبان من خشب البندق لتثبيته على السطح . السمادتان الاساسيتان المستعملتان هما القش والقصب . لكنه من الممكن ايضا استعمال القرميد الصخري المستدير الرأس (٤) والمثقوب (٥) وتثبيته على العوارض (ب) . أثرت العوامل الاقليمية والاقتصادية على البناء ، لا سيما في البداية عندما كانت وسائل النقل صعبة وبطيئة وغالية . وعندما اصبحت هذه الوسائل اكثر فعالية أخذت المواد المصنوعة تستعمل على نطاق واسع . استُعمل القرميد الحجري حيث كان متوفرا . وحيث لم يكن متوفرا كان يصنع قرميد من الصلصال عوضا عنه . لكن بعد انتشار السكك الحديدية . انتشر استعمال القرميد الحجري .

الحجارة من المقالع بتفجير الصخور او فلقها بالاسفين . اذا استعملت الحجارة لتكوين طبقات ، كطبقات الحجر الجيري وجب رصفها بحيث تقع الطبقات وفقا لزوايا معامدة لاتجاه الضغط .

كثيرا ما يستعمل الآجُرّ المشويّ لبناء البيوت في البلدان المتطورة . ويخضع حجمه ونوعه لمقاييس وطنية ، وهناك ميل الآن الى اخضاعهما لمقاييس دولية .





(٦) - يمكن بناء الجدران من مواد متنوعة جدا (أ) . منها مزيج من التراب والعشب وجذوره (١) ، او مزيج من الطين والحصى (٢) والقش (٣) وتغطي كل ذلك طبقة من الجص (٤) . ويمكن ايضا ربط طبقات رقيقة من الطين (٥) بالقش (٦) وتغطيتها بالجص (٧) . كما يمكن بناء الحائط بكتل من الطين (٨) بشكل آجر غير مشويّ وميبّس في الشمس كاللّبن . قد يأتي الجدار المبني بالآجر المشويّ (ب) شبيها بالآجر القديم غير المنتظم (٩) او بالآجر الموحّد القياس المرصوف وفقا لما يسمى بالمدماك الانجليزي (١٠) . ويمكن ايضا بناء الجدران من قطاعات مصبوبة (ت) . تشمل المواد الاخرى المستعملة في بناء الجدران الحجر باشكاله المختلفة ، المنتظمة او غير المنتظمة ، يدعمها احيانا الآجر او يغطيها الجص .

(٧) - تصنع الان في المعامل بيوت كاملة من الخشب مع اطار من الفولاذ وتُنقل الى اماكنها جاهزة للتركيب هناك (أ) بعد اعداد اساس من الاسمنت (ب) . يصبح البيت جاهزا للسكن خلال ايام قليلة . اذا كانت الطرقات غير عريضة ، ينقل البيت على جانبه ثم يُقوَّم ليشاد وفقا لتصميم المهندس المعماري .

البناء بالاسمنت

يعتقد الكثيرون ان الاسمنت مادة حديثة . لكن استعماله بدأ تاريخيا مع الرومان الذين استخدموه لبناء اقنيتهم ومدرّجاتهم . وهناك فكرة خاطئة اخرى ، هي ان الاسمنت لا يستعمل الاّ في تشييد الابنية الضخمة (فضلا عن الاساسات) . الاسمنت مزيج من الماء والحصى والرمل مع مادة تؤمن تماسكها ، وهو يعرف عادة باسم اسمنت بورتلند . نشأت اليوم صناعة لاعطاء الاسمنت اشكالا تلائم جدران البيوت وسطوحها ملاءمتها للأبنية الضخمة ، وعندما تصنع مجموعة من القوالب لهذه الغاية ، تسمى العملية « الصب المترابط » . أدّى هذا النوع من الصبّ حديثا الى انتاج صفائح من الاسمنت للبناء السريع في البلدان النامية يمكن تركيزها في اماكنها دونما حاجة الى مصانع لمعالجتها .

بدأت اليوم مواد مركبة اخرى تأخذ اهمية في بناء المنازل . بالحقيقة كانت هذه المواد معروفة سابقا ، منها مثلا القضبان والعساليج المتشابكة والدعامات التي يكسوها الطين او الصلصال . لكن هناك نوع حديث منها يستعمل في بناء البيوت ، هو صمغ البوليستر المقوى بألياف زجاجية .

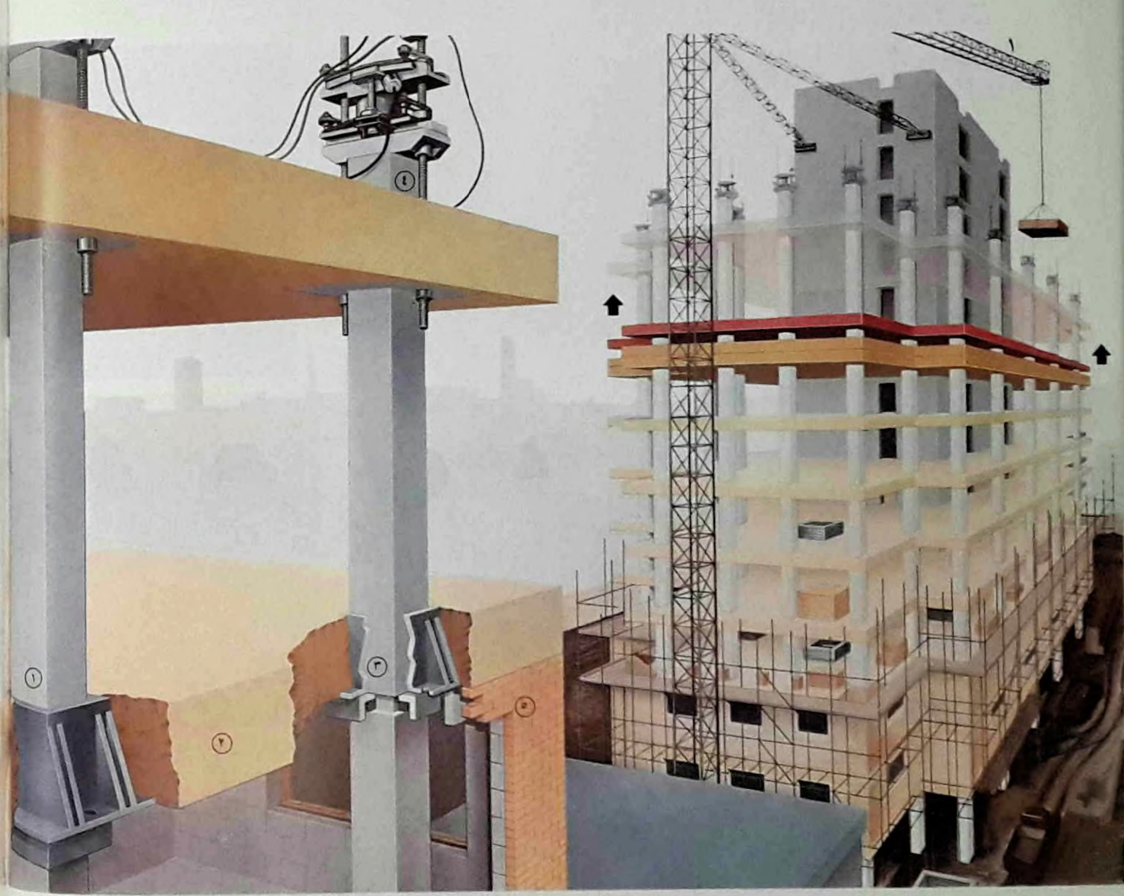
حتى الآن لم تستعمل المواد اللدائنية البلاستيكية في البناء الا قليلا ، مع انها كثيرة الاستعمال في نواح بنائية جانبية متنوعة ، تشمل المأطورات والميازيب ودعاماتها والقساطل والسقوف التزيينيّة . كذلك يخزن الماء في صهاريج لدائنية ، كما تضخ رغوة لدائنية في تجاويف الجدران لتحسين العزل الحراري .

تشييد الأبنية الضخمة

أعلى بناء شيد حتى عام ١٩٧٥ كان برج سيرز روبك في شيكاغو بالولايات المتحدة البالغ ارتفاعه ٤٤٣ م وفيه ١١٠ طوابق ، ويأوي ١٦٥٠٠ نسمة ، وله ١٠٣ مصاعد و ١٨ سلما متحركا . اجرى مهندسو الانشاءات حسابات تدل على انه من الممكن تقنيا تشييد ابنية يبلغ ارتفاعها ٣ كيلومترات ، وانها قد تبنى في المستقبل .

لماذا هذه الأبنية الضخمة ؟

السبب الرئيسي لتشييد ابنية ضخمة كان الحرص على الاستفادة الى الحد الاقصى من المساحات المحدودة (والباهظة الثمن) في مدن العالم الكبرى . فنيويورك ، المحصورة

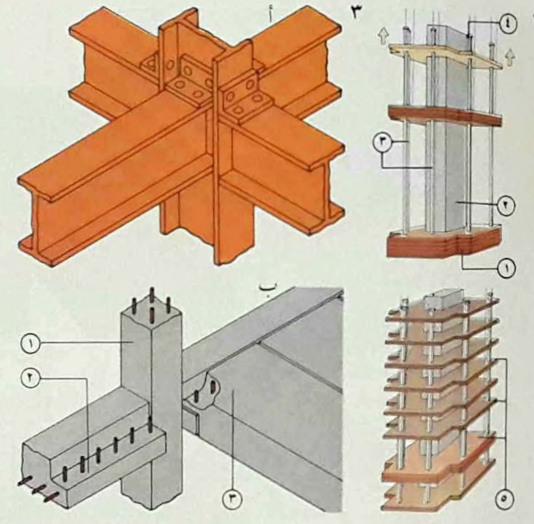


(١) - يمكن الاستغناء عن السقالات بصب الاسمنت على المستوى الارضي ثم رفعه الى مواضعه النهائية . تطبق احدى

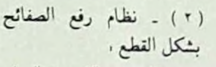
في جزيرة ، اذ لم تستطع الامتداد الى الخارج ، راحت تمتد الى فوق . وهناك تبرير آخر للابنية الضخمة المعدة لغايات تجارية ، هو افساح المجال لموظفي شركة كبرى - يبلغ عددهم الألف او أكثر- كي يعملوا معا في مكان واحد ، مما يكسبهم ولا شك المزيد من الفعالية .

من جهة أخرى ، تستغل الابنية الضخمة المعدة للسكن مساحة الارض الى اقصى حد ممكن ، وتسهّل في الوقت نفسه تأمين الخدمات المشتركة من تدفئة وكهرباء . لكنها قد تثير ايضا مشكلات اجتماعية .

ايا كان حجم العمارة فمن الضروري ان تكون قادرة على وقاية ساكنيها من العناصر الطبيعية وان يكون لها نظام ما لتأمين تكييف الهواء في داخلها . وعليها ان تؤمن المساحات اللازمة للخدمات الخاصة كالسلالم المتحركة والمصاعد والادراج . وعلى بنيتها



طرائق هذه العملية على الابنية القائمة على اعمدة ومسطحات . تصب الاعمدة (١) على جزء من ارتفاعها واحيانا على كامل ارتفاعها . وتستعمل قوالب نقّالة لصب صفائح السطح والارضية ورصفها الواحدة فوق الأخرى حول الاعمدة على مستوى الارض . تفصل بين الصفائح قضبان خاصة تستعمل فيما بعد لوصل الصفائح بالاعمدة . بعد ذلك ترفع الصفائح واحدة واحدة بواسطة رافعات هيدروليكية (٤) حتى تصل كل واحدة منها الى المستوى المخصص لها . كذلك تثبت كل ارضية (٢) في وضعها النهائي بواسطة نوع خاص من المثبتات (٣) . ترفع الصفائح بواسطة رافعات نقالة الى اعلى الاعمدة . ولا بد من التأكد اولا من ان هذه الاعمدة ذاتها عمودية ومستقرة . في بعض الاحيان تُعدّل هذه الطريقة ، فترفع بالمرفاع مجموعة كاملة من المسطحات . تتطلب هذه الطريقة على كل حال قوالب لصب الوحدات . مما يعني ان هذا النوع من العمل يمكن انجازه بكامله على الارض . وينجم عن ذلك توفير في كلفة البناء الهيكلي . لأن هذه الطريقة لا تتطلب رفع الدعائم الى المستويات المختلفة . بعد تثبيت كل زوج من الارضيات ، تُبنى الحيطان الخارجية (٥) بينها بآجرّ او بصفائح من قوالب الاسمنت المصبوب مع ترك فتحات للنوافذ والابواب التي تركّب في مرحلة لاحقة .



(٢) - نظام رفع الصفائح بشكل القطع ،

١ - صفائح من الاسمنت المسلح مجموعة على الارض .
٢ - عمود من الاسمنت المسلح .
٣ - قضبان فولاذية .
٤ - رافعة مائية (هيدروليكية) .
٥ - ارضيات موضوعة في المستويات المناسبة .

(٣) - لبناء هيكل متين . تبشم روافد الفولاذ معا (أ) وتثبت الروافد الافقية على الاعمدة العمودية . تظهر في رسم الهيكل الذي يستعمل الاسمنت المسلح (ب) الدعامة العمودية (١) وقضبان التقوية والجسر الرئيسي (٢) . كما تظهر ايضا قضبان التقوية والصفيحة الأرضية (٣) المقطوعة بشكل يوضح طريقة تثبيتها في الروافد الرئيسية .

٤

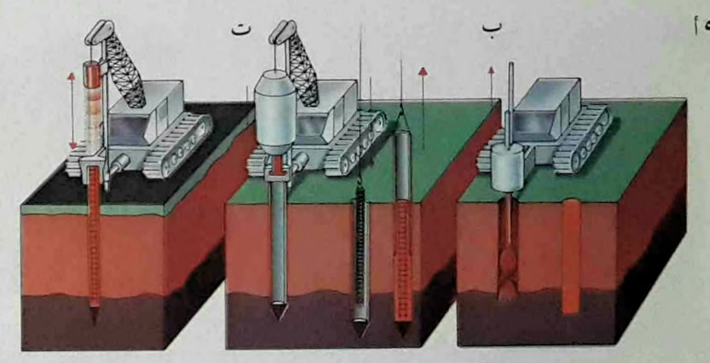

(٤) - كان الامباير ستايت بلدنج في نيويورك اعلى بناية في العالم حتى عام ١٩٧٢ ، لكنه انتقل الى المرتبة الثالثة بعد اتمام سيزر روبك تاور في شيكاغو وورلد ترايد سنتر في نيويورك . يبلغ ارتفاع الامباير ستايت بلدنج ٤١٣ م بدون صاري التلفزيون الذي يعلوه والذي يبلغ ارتفاعه ٦٨ م . فيه ١٠٢ طابقا . وقد دشّن عام ١٩٣١ .

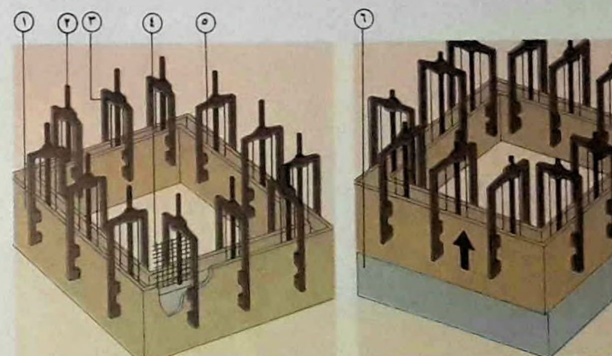
ان لا تكون قادرة على حمل وزنها الخاص وحسب ، وهو يختلف باختلاف الارتفاع والمواد المستعملة ، بل على حمل ساكنيها ايضا والاشياء الموجودة معهم .

مواد البناء

أكثر الابنية الضخمة الكبرى مصنوع من الفولاذ والاسمنت المسلح وقوالب الاسمنت المصبوب . قد يبلغ نظام وحدة سكنية من الخشب ارتفاع عشرة طوابق ، لكن البناية من الحجر او الآجُر قد تبلغ ١٨ طابقا مبنيا على شكل الخلايا من صفائح شبيهة بصناديق صغيرة تدعم بعضها بعضا .

نادرا ما تستعمل اشابات الالومينيوم في الابنية الضخمة الا للسطوح الواسعة التي تكون بدون اعمدة تحملها . وقد تستعمل اسلاك ذات توتر عال في الابنية الحديثة القليلة الارتفاع ذات الهيكل المعدني ، وذلك





(٥) - هناك ثلاث طرائق حديثة لارساء الركائز هي، (ت) ركائز تركز جاهزة على طبقة قاسية تعمل بمثابة اساس متين لها ، (ب) ركائز تبنى في موضعها بغرز انبوب من الفولاذ في الارض واحاطته بشبكة من القضبان الفولاذية ثم بسحب الانبوب وبصب الاسمنت في الشبكة ، (أ) ركائز تنتج عن حفر حفرة في الارض وصب مزيج من الاسمنت فيها .

(٦) - يستعمل قالب الانزلاق في طريقة صب الاسمنت المتواصل لتشييد الابنية الشاهقة . يقام على الاساسات قالب موقت بشكل صندوق فولاذي بمصاريع (١) عمقه حوالى ١,٣ م . توضع في هذا القالب شبكة من الاسلاك او من القضبان الفولاذية الثقيلة لتقوية الاسمنت اي تسليحه (٤) . يصب الاسمنت (٦) باستمرار في القالب ثم يرفع القالب رويدا رويدا بواسطة رافعة لولبية او رافعة مائية (٣) . و « يتسلق » القالب على الانابيب او اعمدة الدعم الفولاذية (٢) المثبتة مسبقا في الاساسات ، مستمدا حركته التصاعدية من نير (٥) .

(٧) - لكتلة الاسمنت المسلح النموذجية (أ) تدعيمات من القضبان الفولاذية ذات اطراف معقوفة (١) . اذا لم يكن الاسمنت مسلحا ، فانه يتصدع او ينهار تحت وطأة الشد او الضغط ، لكن الجسر المسلح يبقى صامدا . يكون لكتلة الاسمنت (ب) غلافات معدنية (٢) تحتوي على القضبان المشدودة (٣) (الاسهم

عند الحاجة الى مساحات واسعة طليقة ، كما في خيمة ميونيخ الاولمبية ومرائب الطائرات وقاعات الرياضة البدنية . واما الخشب ، فيستعمل لبناء الهياكل والتسليحات العادية (كدعائم السقوف والجسور) ، لذلك اكثر ما نشاهده في الابنية ذات الطابق الواحد ، وان كان يدخل ايضا في بنيات خشبية اكثر ارتفاعا واتساعا كالمدارس والمرائب وصالات العرض ، كما قد تصنع منه ايضا الارضيات

٧

الزرقاء) . يكون احد طرفي القضيب مثبتا والآخر سائبا بحيث تضغط القضبان على الاسمنت لتصنع منه كتلة من الاسمنت المصبوب . يستعمل الاسمنت العادي المصبوب (ت) لاغراض مختلفة ، للممرات والطرق والاساسات . ولا يحتاج بناؤه الا الى قالب خشبي (٤) واساس جامد (٥) واوتاد لدعم القالب (٦) .

الخفيفة الحمل وجسور المشاة والسقوف . يتم وصل اجزاء الخشب بواسطة مثبتات آلية .

ان مقاومة مواد البناء الحجرية للضغط ممتازة ، لكنها ضعيفة امام الشد او التوتر . لذا تستعمل هذه المواد خصوصا لتشييد الاعمدة والجدران والقناطر أو الاقواس . وعلى المهندسين المعماريين ان يتثبتوا من ان المقاومة للقوى الجانبية كافية ، وان البناء لن يتشقق او ينهار بسبب انزلاق أفقي .

يستعمل الفولاذ (٣) في البنيات الهيكلية القائمة على دعائم مغلفة بمواد اخرى ، او في البنيات « ذات الفعالية السطحية » اي التي يكون فيها الهيكل والقضبان التي تحمل صفائح التغطية والصفائح ذاتها ـ لا سيما عندما تكون من الفولاذ ـ تعمل جميعها كوحدة متماسكة .

يُستعمل الاسمنت المسلح (٧) اليوم استعمالا واسعا في هياكل البناء . قد يُصَبّ في مكانه ، او يكون مصبوبا من قبل ، وذلك حسب توفّر قوالب الصب ، وعدد المرار التي تتكرر فيها عملية الصب (٦) ، وحسب مسافة معمل الاسمنت من موضع البناء ، وتوافر الآلات الرافعة ، والسرعة التي يجب ان يتم فيها البناء .

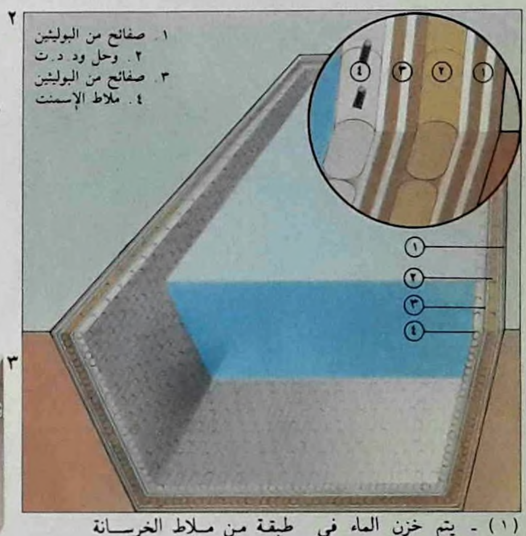
الابنية بالهواء المضغوط

يطلق اسم « بنيات الهواء المضغوط » على « خيام » كبيرة يشدها هواء نفخ فيها تحت ضغط خفيف . تصنع من قماش متين ، ويمكن تقويتها بضلوع غشائية وباسلاك حسب درجة تقوّسها واتساعها . حتى الآن لم تستعمل هذه البنيات الا في الابنية الموقتة او لحماية الابنية الدائمة ابان تشييدها .

البناء بالموارد المحلية

عبر العصور وجدت الشعوب الكادة ، بفضل ارادتها والفرص المؤاتية لتجميع الثروة ، الوسائل الكفيلة لجعل حياتها رخية . فالقدامى لم يكونوا يعرفون شيئا من التقنيات الحديثة ، ومع ذلك انشأوا شبكة للمياه تؤمن حوالى مليار لتر من الماء يوميا لمدنهم الكبرى ، وتدفئة منزلية بالهواء الحار المنفوخ في اقنية تحت ارضيات الغرف ، ونظاما فعالا لتصريف مياه البواليع ، وآلاف الكيلومترات من الطرق الممتازة مع جسور رائعة . لقد حققوا هذه الانجازات باستثمار مواردهم المحلية على احسن وجه وفي نطاق معارفهم التقنية المحدودة .

١



٢

٣

(١) ـ يتم خزن الماء في البلدان الغربية ببناء خزانات ضخمة ، ولنقله الى حيث الحاجة اليه تبنى اقنية وانابيب . لكن في البلدان التي تعجز عن تحمل اكلاف الاعمال الهندسية الكبرى ، وجدت طريقة جديدة تلائم هذه البلدان . وهي اقامة عدد كبير من الصهاريج لتجميع ماء المطر فيها في الاماكن التي تكون الحاجة اليها ملحة . تطمر هذا الصهريج الذي يرى هنا طبقة من ملاط الخرسانة المكونة من انابيب البوليثين .

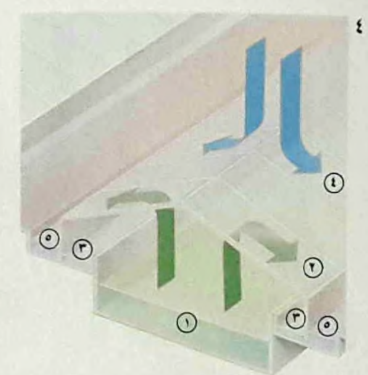
(٢) ـ اذا كان الماء المخزون معدا لاستخدام البشر ، فلا بد ، قبل ترشيحه ، من ازالة الرواسب منه كي لا تسد المصفاة الرملية . تتطلب صهاريج الترسيب الواسعة المعدة لمعالجة منشآت المياه في البلدان الغربية اكلافا باهظة ، لكنه من الممكن ، لتأمين المياه لمجموعة صغيرة من الناس ، حل هذه المشكلة بطريقة اقتصادية . وذلك باستعمال خزان قعره مائل ومطلي بطبقة من الاسمنت . يتميز هذا الخزان بالخصائص المهمة الآتية ، حاجز ادخال (١) يحول دون تعكير الماء الوارد الى الخزان ، لوحة لقشط الرغوة (٢) تسد الطريق على المواد الطافية ، وجهاز تصريف للاوحال المترسبة في قعر الخزان (٣) .

(٣) ـ لتأمين ترشيح مياه

التغلب على حواجز الكلفة

تمكن العالم حتى اليوم من انشاء مجموعة ضخمة من التقنيات المعقدة ، حتى اصبح باستطاعة الانسان ان يسير على سطح القمر . غير ان هذه التقنيات تتطلب اموالا طائلة ، وليس لجميع الشعوب القدرة على انفاق مثل هذه المبالغ ، ومن مشكلات العالم الثالث الرئيسية استحالة الانتاج الكافي لتأمين المال الضروري لشراء الوسائل التقنية التي تسمح بزيادة الانتاج .

يمكن حل هذه المشكلة المالية عن طريق المساعدات الخارجية او عن طريق الجهد الذاتي ، ويمكن استثمار هاتين الوسيلتين منفردتين ، غير ان الجمع بينهما كثيرا ما يؤدي الى نتائج افضل . ففي اندونيسيا وامريكا اللاتينية وبعض البلدان الافريقية زاد انتاج المواد الغذائية زيادة ملحوظة بفضل مشاريع ري ضخمة . صحيح



الشرب لمجموعة صغيرة من الناس . يمكن ، باكلاف قليلة ، تركيب مصفاة « بطيئة » للرمل في خزان مبطن بالاسمنت . لكي تعمل المصفاة على ما يرام ، يجب ان تتراوح احجام حبات الرمل بين ٠,٢ و ٠,٥ ملم ، وان تبلغ سماكة طبقة الرمل (١) حوالى ١,٢٠ م ، وان ترتكز على طبقة من الحصى المدرجة (٢) تحيط بانابيب تصريف مسامية (٣) . كما يجب ان يبقى دائما فوق الرمل ٥٠ سم على الأقل من الماء الصافي ، وان يصل الماء الى الخزان عن طريق انبوب مغمور طرفه ومتجه الى فوق (٤) كي لا يثير الرمل ، وان لا يتعدى سيلان الماء المرشح ١٠٠ لتر بالمتر المربع . في خزان بطيء من هذا النوع تتكون على سطح الرمل طبقة من الكائنات النباتية الحية تضيف تطهيرا بيولوجيا الى الترشيح الميكانيكي الذي يؤمنه الرمل .

(٤) - يمكن الاستفادة من حرارة الشمس لازالة الملوحة من ماء البحر . ينقل الماء بواسطة اقنية ضيقة ملفوفة بالزجاج (١) . يتكثف البخار على الوجه السفلي من الزجاج (٢) ويسيل على طول المنحدر نحو اطرافه . حيث يتقطر في قناة للماء العذب (٣) . من الممكن ايضا الاستفادة من ماء المطر الذي يتساقط على السطح الخارجي من الغطاء الزجاجي (٤) وينصب في اقنية اخرى (٥) .

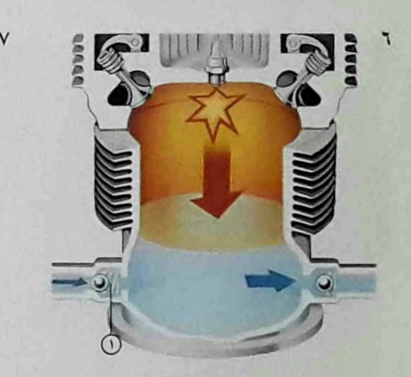
(٥) - في البلدان النامية تشكل الحاجة الى طاقة يعتمد عليها وتكون رخيصة الثمن وسهلة الاستعمال مشكلة حادة . فالسماد الحيواني المجفف يستعمل كوقود على نطاق واسع ، لكنه بعد احتراقه يفقد قيمته كمخصب . كذلك باخضاع السماد لعملية اختمار لاهوائي (بدون اكسيجين) يتم الحصول على ميثان ، لكن القمامة الناجمة عن ذلك والناهبة سدى تحتوي على كمية كبيرة من الازوت الذي يفوق ، كمخصب ، الازوت الطبيعي الموجود في السماد الذي لم يخضع للمعالجة . يبين هذا الرسم البياني كيف يمكن صنع مولد للميثان ينتج ٣ الى ٤ م٣ باكلاف قليلة .

ان تلك الانجازات الهائلة قد تمّت على اساس التقنية الغربية وبمساعدة البنك الدولي ومنظمات اخرى مشابهة ، لكن الاعمال ذاتها نفذت باللجوء الى موارد محلية .

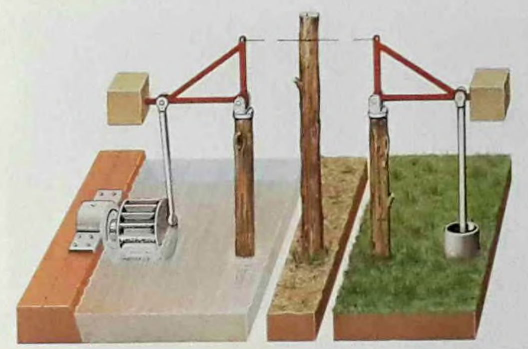
الماء والطاقة والشغل

منذ فجر التاريخ كانت مياه الانهار في العالم تجري لتضيع في البحار . وحتى اليوم لا تزال اقنية تحفر وخزانات تبنى بالايدي ، وحيوانات تستعمل لنقل التراب . في هذه الاثناء ، تتابع الشمس تألقها يوميا فوق ملايين الامتار المربعة من سطح الارض باثّة كميات هائلة من الطاقة الحرة التي تذهب سدى ، وبعض البلدان النامية تشكو من كثرة الايدي العاملة التي لا تعمل . فمشكلة هذه البلدان اذن هي في كيفية استخدام هذا الماء وهذه الطاقة وهذه الأيدي العاملة مع الموارد العديدة الاخرى غير المستثمرة كالاراضي

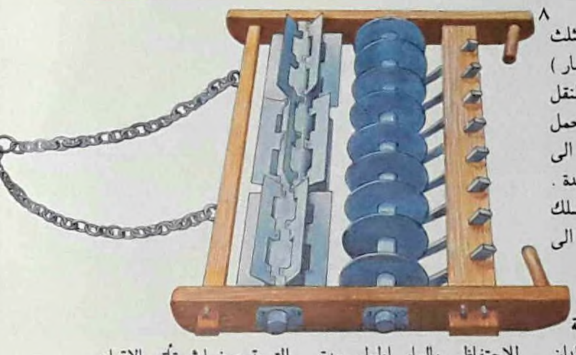
٦



٧



٨



(٦) - مضخة همفري جهاز ذو احتراق داخلي سهل الصنع ، وهو لا يحتاج الى مضخة منفصلة . يعمل بفعالية تتعدى ٣٠٪ ، ويدار بأي وقود غازي تقريبا . ثمنه رخيص وصيانته سهلة . يعمل صمام دخول الماء (١) بطريقة آلية ويعمل الجهاز بدورة رباعية الاشواط .

(٧) - تستعمل قبائل اميش في بنسيلفانيا العجلة المائية لنقل القوة على مسافة كيلومتر تقريبا بواسطة حركة ترددية منقولة بسلك يعمل وفقا للمبدأ المبين في هذا الرسم . تدير العجلة المائية ذراع توصيل ترفع الزاوية المثقلة لاطار مثلث الشكل وتخفضه (الى اليسار) فيدور على زاوية اخرى لنقل الحركة الى سلك افقي . تحمل السلك المتحرك من نقطة الى اخرى سلسلة معلقة باعمدة . في الطرف الآخر من السلك يحول اطار آخر الحركة الى مضخة عمودية ترددية .

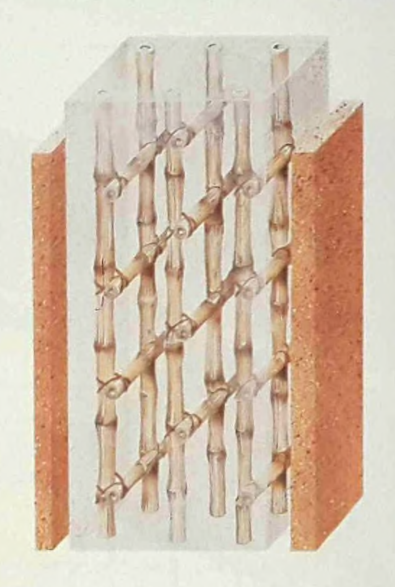
(٨) - زراعة الارز واسعة الانتشار في بعض البلدان النامية حيث تؤمن الغذاء الاساسي لمعظم السكان . وبما ان اليد العاملة الرخيصة متوافرة عادة في هذه البلدان . تتم الزراعة تقليديا باليد وغالبا باليد النسائية . لكن بناء سدود للاحتفاظ بالماء اطول مدة ممكنة في حقول الارز هو عمل يدوي مضن . يجر آلة التسويط هذه المتعددة الوظائف ثيران ، وهي تقوم بعملها بسرعة وباكلاف زهيدة . في المرحلة الاولى تشق الشفرات الدوارة التربة عرضيا ثم تأتي الاقراص في المرحلة الثابتة فتقطعها طوليا . اخيرا يحرث صف من السكاكين ، طول الواحدة منها ١٦ سم ، الارض المشقوقة كما تحرثها محاريث صغيرة . صنعت هذه الآلة في اليابان .

الخصبة والخشب والمعادن وكيفية جعلها منتجة دون اللجوء الى التقنيات الحديثة التي تفوق طاقات الموارد المالية لتلك البلدان .

هناك طرائق عديدة لتأمين امداد المنازل بالماء بأكلاف زهيدة (٢ و ٣ و ٤) .

كذلك يمكن استعمال الطاقة الشمسية لتسخين الماء في خزان لحرارة الشمس يتألف من انابيب حلزونية في هيكل ملفوف بالزجاج .

٩



(٩) - جعل تقدم التقنيات البشر عبيدا لعاداتهم . فعندما يدخل انسان غرفة في الليل ، يفترض وجود الكهرباء امرا طبيعيا فيها . وينسى ان الانسان عاش عدة قرون لا يستعمل الا مصابيح الزيت والشموع . ترتكز تقنية الاسمنت المسلح على قضبان الفولاذ او اسلاكه لمقاومة الشد بينما يقاوم الاسمنت ذاته الضغط القوي . غير ان الفولاذ الغالي الثمن ليس المادة الوحيدة التي تقاوم الشد . فالبناء من الاسمنت يحتاج احيانا الى تقوية ضد التشقق السطحي فيقوّى احيانا بالخيزران الطبيعي وهو مادة رخيصة الثمن ومتوافرة في بعض البلدان غير الثرية .

تستطيع حيوانات الجر ، اذا سارت دائريا ، ان تجر آلة بسيطة لدراسة الحبوب . يمكن ايضا استخدام الطاقة المائية لادارة آلة صغيرة تستخدم عنفة بسيطة مصنوعة من الخشب الصلب كالتي تستعمل في بلاد النيبال لادارة طواحين القمح .

هناك ايضا عدة طرائق لتسوية الارض من اجل الري على نطاق خفيف ، فتستعمل فيها ممهدات ومكاشط تجرها الثيران ويمكن صنعها على ايدي الحدادين المحليين .

التطبيقات الصناعية

يمكن الاستعانة بعدد كبير من الصناعات القروية لتأمين عمل غير زراعي ؛ فيمكن مثلا صنع صابون جيد الصنف من الصودا الكاوية ومواد دهنية اخرى متوفرة محليا . ويمكن انشاء مصنع للآنية الفخارية من اتون مبني بالآجر لصنع ادوات منزلية تتخذ لها احيانا اشكالا جديدة مبتكرة ، كما يمكن ايضا انشاء مصهر في القرية لسبك آنية الالومينيوم او الحديد باكلاف زهيدة نسبيا .

يعطينا تطبيق التقنيات المناسبة في غانا ، بمقابل التقنيات المتطورة ، مثلا رائعا على زيادة الفعالية والانتاجية التي تم الحصول عليها في صناعة الاسماك المصطادة على السواحل هناك .

نجد مثلا آخر من هذا النوع في الهند حيث لا يكفي انتاج الاسمنت لسد حاجات المدن . ففي المناطق الريفية اخذ الناس يستعملون الكلس بدلا من الاسمنت حيث لا تتطلب الخرسانة متانة كمتانة الاسمنت . لذلك اصبح في جميع مناطق البلاد مصانع صغيرة لانتاج الكلس .

التقنية المنزلية الصغيرة

للانسان حاجات اساسية ثلاث : الغذاء والملبس والمسكن . من هذه الحاجات يشكل المسكن اكثر مقتنيات الاسرة نفعا واكثرها دواما . وهو ضروري لأي فرد من افراد القبيلة الافريقية بقدر ما هو ضروري للموظف الاوروبي . في العالم الغربي ، تطور تصميم المنازل وتجهيزها بفضل تقدم التقنيات ، لكن اكثر هذه الامور لا تزال فوق متناول شعوب البلدان النامية .

التقنات البسيطة وحاجات المجتمع

لكي يتمكن سكان المناطق الريفية من بناء منازل مريحة ومتينة ، لا بد ان تكون

١



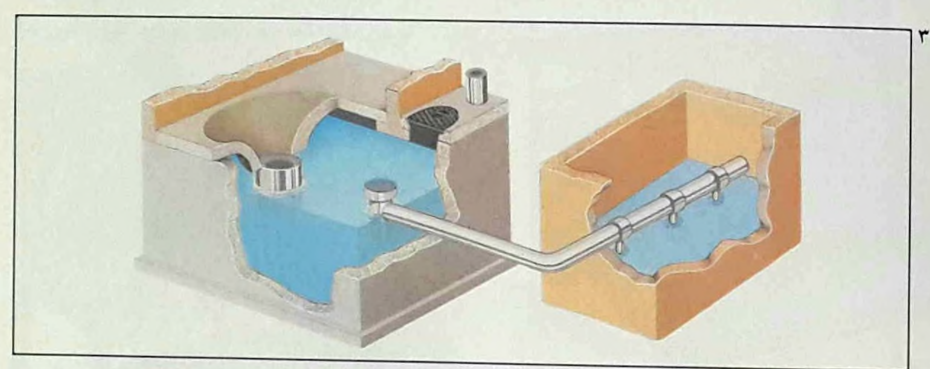
(١) - في المناطق الريفية ما يزال الاجر يصنع باليد على الطريقة القديمة . ففي الهند ، حيث تؤمن صناعة الاجر الريفية العمل لحوالى نصف مليون من الايدي العاملة ، تبذل الجهود لتحسين انتاج مصانع الاجر بادخال افران زهيدة الثمن سهلة البناء والاستعمال . ان ما يرى هنا هو فرن هندي بخندق . يجب ان يكون طول الفرن النموذجي القادر على انتاج ٢٨٠٠٠ اجرة في اليوم ٦٥ م وعرضه ٢٥ م على ان يكون عمق الخندق ٢,٢٥ م . هنا الفرن بدون سقف ، ومداميك الاجر « الاخضر » العليا منضدة صفوفا متراصة يغطيها الرماد وليس فيها ثقوب الا للامداد بالفحم . يحمى الفرن جزءا جزءا بمعدل جزء واحد في اليوم ، وتنقل المداخن البالغ ارتفاعها ١٧ م والمصنوعة من الفولاذ الى القسم المحمي على عجلات .

(٢) - القش من المواد التقليدية التي تسقف بها البيوت (أ) حتى في المناطق التي ينهمر فيها المطر بغزارة . يحتاج القش الى دعم ويستعمل الخشب عادة لهذه الغاية . لكن الخشب المنشور غالي الثمن ، وهذا ما يعطل ميزة القش الوحيدة التي هي رخص ثمنه . ويمكن ان يثير القش ايضا مشكلات اخرى ، فهو قابل للتعرض لغارات الفطور والهوام ، كما انه يشتعل

التقنات الضرورية لتصميم هذه المنازل وبنائها بسيطة. كذلك لا بد ان تكون المواد المستعملة متلائمة مع التقنية الممكنة التطبيق محليا، كالطريقة المتبعة في زائير (١) لتقوية الاغصان المضفورة مع القضبان والقصب او الجص في بناء البيوت والتي اعتبرت صالحة في بلدان اخرى من افريقيا الوسطى والشرقية وفي امريكا الجنوبية. اذا توفرت مثل هذه الشروط يصبح بامكان السكان ان يؤمنوا لأنفسهم باسهل الطرق وعلى افضل وجه ما يحتاجون اليه من حماية من العوامل الطبيعية ومن طعام (٥) وغسيل وتجهيزات صحية وما اشبه.

قبل المباشرة ببناء منازل جيدة الصنف ورخيصة الثمن، لا بد من القيام ببحوث وتجارب مركزة على الحاجات المحلية الخاصة. ولا بد ان تكون التصاميم متفقة مع الطراز المحلي (٦) ومع المناخ، كما يجب

٣



بسهولة مما يسبب خطر الحريق. تشتمل البدائل له المستعملة عادة على صفائح من الفولاذ المغلفن والحرير الصخري المغضّن وصفائح الاسمنت (أ) وفي بعض البلدان المتقدمة على قرميد طيني (ب). لكن جميع هذه المواد غالية الثمن. لذلك تصبح الصفائح المغضّنة المصنوعة من الورق المزفت (ت) بديلا رخيصا عنها. تصنع هذه الصفائح من نفايات الورق وتفل قصب السكر ونفايات الجوتة والياف جوز الهند والاسماك البالية. تحوّل هذه المواد الى معجون رطب وتضغط ليصنع منها صفائح تجفف في الشمس وتشذب وتغمس في مغطس من الزفت. بعد معالجتها مدة قصيرة تغمس في الدهان لتأخذ اللون المرغوب فيه. هذه الصفائح خفيفة ويمكن تسميرها في مواضعها ولا تحتاج الا لقرميد حرفي (مصنوع من المادة ذاتها) لتأمين سطح كتيم كليا للماء. هنا مثل رائع لكيفية استعمال المواد واليد العاملة المحلية. للخشب ايضا بديل رخيص ومتوافر هو الخيزران وهو متين ويدوم طويلا. حتى الآن لم يستعمل الا قليلا كمادة للبناء، لان السكان المحليين لم يكونوا يعرفون كيف يجمعونه بشكل صحيح. لكنهم اخذوا اليوم يستفيدون من نتائج البحوث التي بينت انه من الممكن بتطبيق خبرات الهندسة الحديثة انشاء بنيات من الخيزران متينة بالنسبة الى وزنها.

---

(٣) - اصبحت خزانات التعفين افضل من المراحيض البسيطة المانعة لتسرب الماء. فهي تتألف من صهريج كتيم للماء تتحلل فيه الاقذار ومن انبوب للتصريف. اذا كان المرحاض واقعا فوق الصهريج مباشرة، فلا يحتاج الى مانع خاص لتسرب الماء. في هذه الحالة يجب ان يكون قطر انبوب التصريف ١٠ سم وان ينغمس على عمق ١٠ سم تحت المستوى الطبيعي لماء الصهريج. قد يكون خزان التحلل مصنوعا من الاجر او من الحجر المغطى بملاط غني بالاسمنت. وقد يكون ايضا مصنوعا من الاسمنت او مؤلفا من انبوب للتصريف بقياس ٩٠ × ١٢٠ سم موضوع عموديا ومسدود طرفه بالاسمنت. لاسرة واحدة يجب ان لا تقل سعة الحوض عن متر مكعب واحد. يتولد عن التحلل الطبيعي حمأة تترسب في القعر وسائل يجري الى حفرة ارتشاح وغازات يجب تأمين مصرف لها.

ان تكون ايضا مرنة بحيث يمكن تكبير المنازل الصغيرة عندما تدعو الحاجة الى ذلك . ولا بد ايضا من ان تستثمر المواد المحلية واليد العاملة المتوافرة .

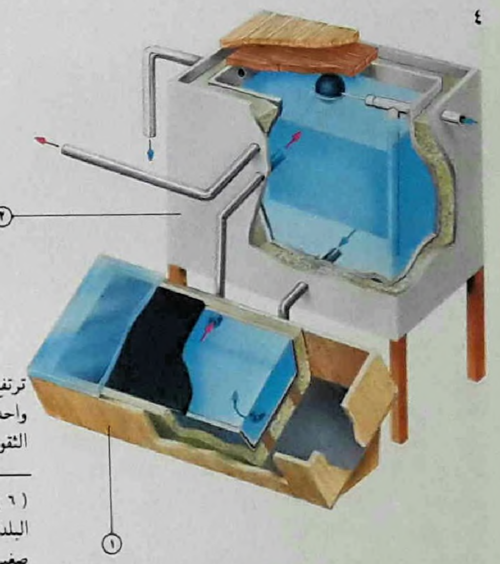
الانشاءات الصحية وتخزين المواد الغذائية

مراعاة الامور الصحية مسؤولية تقع على عاتق الاسرة كما تقع على عاتق الجماعة . لكنها تبدأ في المنزل حيث تعتبر المراحيض المانعة لتسرب الماء (٣) خير وسيلة للتخفيف من اخطار انتشار الامراض .

طرائق حفظ المواد الغذائية مهمة ايضا لصحة الاسرة وصحة الجماعة . ففي كثير من البلدان النامية يجعل المناخ الثلاجات امرا أساسيا . اما في الاماكن التي يكون الثلج فيها متوفرا ، فيؤمن صندوق ثلج معزول حلا جزئيا لهذه المشكلة . الصندوق ذاته زهيد الثمن وسهل الصنع ، لكن الثلج قد

٥

٤



(٤) - باستطاعة المسخن الشمسي البسيط للماء ان يؤمن بانتظام كمية من الماء الحار في البلدان التي تكثر فيها حرارة الاشعة الشمسية . يتألف المسخن اساسا من صهريج تسخين مسطح (١) موجه نحو السمت وصهريج تخزين (٢) على مستوى اعلى . يتصل الصهريجان بانابيب واسعة ويتم سيلان الماء بواسطة الجاذبية الارضية .

---

(٥) - في كثير من بيوت قرى البلدان النامية تستعمل النار المكشوفة للطهي . ادخل هذا الموقد المصنوع من الصلصال والخالي من الدخان الى الهند بنجاح . توقد فيه نار واحدة على مصبّعة قائمة فوق الرماد . ترتفع الحرارة مباشرة الى ثقب واحد للطهي وتنتقل بأقنية الى الثقوب الاخرى .

---

(٦) - في كثير من مناطق البلدان النامية تكون البيوت صغيرة ولا تكون لها مطابخ منفصلة . فكثيرا ما تجلس ربة المنزل القرفصاء على مقعد بلا ظهر وبدون ذراعين امام موقد لفحم الحطب في زاوية فناء مسقوف جزئيا وحولها قدورها واوانيها . يعبّر المطبخ الحديث الذي يرى هنا عن نمط حياتها الريفي .

---

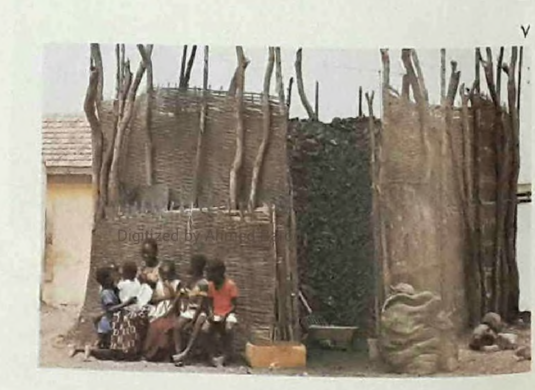
(٧) - لا يمكن عادة لهذا البيت « الترابي » التقليدي الصمود في وجه الامطار الاستوائية اكثر من خمس سنوات . لكنه من الممكن جعله يصمد ثلاثة اضعاف الى خمسة اذا امنت لنقاطه الضعيفة ، وهي اساسات جدرانه الخارجية ، وقاية كافية . تمت هذه الوقاية بنجاح في زائير . تقوم الطريقة على حفر اساسات عمقها ٣٥ سم حول البيت وعلى مقربة من جدرانه القائمة . يملأ هذا الخندق بالحجارة والطين ويبنى فوقه حائط من حجر لا يتعدى ارتفاعه المتر فيسند جدار البيت . اما سقف بقية البيت ، فتقيه طبقة من الاسمنت كما هو مبين في الشكل (٢ ـ أ) .

يكون غالي الثمن لأكثر أسر المناطق الريفية .

أما في المناطق التي لا تكون فيها الرطوبة مرتفعة ، فيمكن اللجوء الى طريقة التبريد بالتبخر . يصمم « البرّاد » على شكل خزانة جدرانها من شبكة سلكية ولها رفوف لتمكن الهواء من الجريان ، ويوضع في حوض للماء مسطح ويغطى من فوق بحوض ماء آخر ، ثم تنصب من فوق الى تحت قطعة خيش من الياف القنب او ستارة « ماصة »

٦

٧



يكون طرفاها مغموسين في الماء . تعمل قطعة الخيش كفتيلة تمتص الماء وتظل رطبة . عندما يكون البراد في مجرى هواء وبعيدا عن ضوء الشمس المباشر ، تعمل الحرارة الممتصة من داخله على تبخير الماء فتصبح درجتها في الداخل دون درجة الحرارة في الهواء المجاور .

تخزين الحرارة

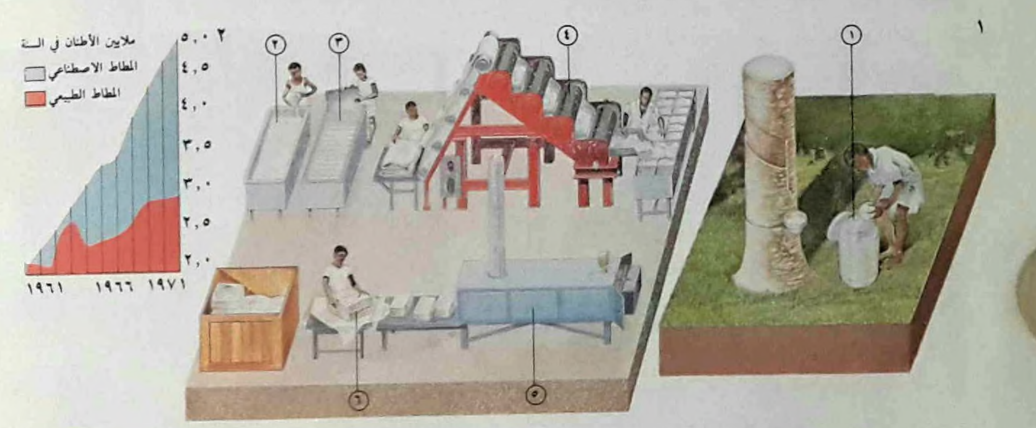
يستعمل في زمبيا نظام خاص للتدفئة برهن عن نجاحه . فهو كناية عن سور من الآجر مسيك للهواء يبلغ ارتفاعه حوالى متر واحد وعرضه حوالى ٧٠ سم ، ويبنى امام الجدار الخارجي للمنزل . هناك ثقبان في الجدار يؤديان الى هذا السور . يكون اتساع الثقب الموجود بمستوى الارض كافيا لمرور موقد فيه فحم حجري مشتعل . اما الثقب الموجود فوقه على ارتفاع ٨٠ سم ، فهو يحتوي على اجرة واحدة مليئة بالهواء . يغطى السور بغطاء سميك من الصلصال ليخفف تسرب الحرارة الى الخارج الى ادنى حد ممكن .

بعد ادخال الموقد بساعة تقريبا يسخن الاجر ويحتفظ بحرارته (كما تحتفظ المدفأة الحديثة بحرارتها) بعد استنفاد الوقود بمدة طويلة . في زمبيا يوضع في الثقب الموجود بمستوى الارض موقد فحم الحطب عندما يصبح طعام العشاء جاهزا .

تبين هذه الامثلة القليلة الامكانات الهائلة لامكانيات تطبيق التقنيات البسيطة والزهيدة الثمن . يستطيع عدد كبير من الناس الاستفادة من هذه التقنيات اليوم بدلا من ان ينتظروا ان تبلغ مجموعاتهم مستوى التقنيات الغربية المتقدمة .

المطـّاط واللدائن

المطاط واللدائن (البلاستيك) مادتان حديثتان واسعتا الاستعمال . يتألف كل منهما من جزيئات معقدة يسمى واحدها البوليمر . البوليمرات جزيئات طويلة مؤلفة من وحدات ابسط منها مرتبطة معا تكرارا كحلقات سلسلة . اسم التفاعل الكيميائي الذي يولدها هو التبلمر . اكثر المطاط متمغّط - اي انه يعود الى شكله الأول بعد مده او ثنيه ، وهذه الخاصية ، مضافة الى ان مادة المطاط هي في الاساس محصولا طبيعيا ، يُظَن عادة انها تمّيز المطاط عن العجائن اللدنة الاصطناعية . لكن بعض العجائن اللدنة ، كالبرسپكس (مادة اكريلية لدنة) هي ايضا مرنة كالمطاط ، كما ان بعض انواع المطاط



(١) - يستخرج المطاط الزراعي بشكل لثىً سائل (١) يجري من شق لولبي في شجرة المطاط البرازيلية . ينقى اللثى من المواد الغريبة المختلطة معه ويخثّر بواسطة احد الحوامض فيصبح جامدا (٢) . في احواض التخثير ، يقسّم المطاط الى صفائح (٣) ، ثم تجفف الصفائح اولا بواسطة مداحل (٤) وتمر بعد ذلك في مجفف نفقي (٥) . اخيرا يُرزم المطاط الخام رزما صالحة للتصدير (٦) . تعتبر ماليزيا اكبر منتج للمطاط في العالم .

(٢) - منذ منتصف الستينات تـعدى انـتاج الـمـطـاط الاصطناعي المستخرج من البترول الى حد بعيد انتاج المطاط الطبيعي .

٣



(٣) - تستفيد زوارق المطاط المنفوخ من ميزات المطاط الفريدة . فليست جميع انواع المطاط تقاوم الضغط على حد سواء . لذلك وجدت طرائق تركيب خاصة لانتاج انواع من المطاط تتمتع بالصفات الخاصة المطلوبة . وكثيرا ما يكون المطاط ذاته مزيجا من منتوجات طبيعية ومنتوجات اصطناعية . ودرجة التصلد وتوفر المواد المقوية مهمان ايضا في تقرير الخصائص النهائية للمطاط .

(٤) - في المعمل يُخثّر اللثى باحد الحوامض . ثم يُجفّف ويُضغط (١ - ٤) او يُركّز بالطرد المركزي (٥) . يُذاب

وبعض انواع اللدائن متشابهة في تركيبها .

المطاط الطبيعي : استخراجه ومعالجته

يُستخرج اكثر المطاط الطبيعي من شجرة اصلها من امريكا الجنوبية وتعرف بشجرة المطاط البرازيلية . غير ان كثيرا من النباتات الاخرى ، بما فيها بعض انواع القرّاص ، تحتوي على نسغ مطاط يدعى اللثى . كانت شجرة المطاط تنمو في بادىء الامر في البرازيل ، ولكن في اواخر القرن الثامن عشر ، أنبتت بعض الشجيرات منها في كيوغاردنز بلندن اولا ثم في منطقة ملايا ، واليوم اصبحت ماليزيا اول منتج للمطاط في العالم .

المطاط الطبيعي هو بوليمر الايزوبرين . يتم الحصول على اللثى من الشجرة بالبزل ، فيسيل من خلال شقوق لولبية تحفر في اللحاء . يُخَثَّر اللثى السائل ويجفف ، ثم

المطاط (٨) او يُصلَّد (٦) بالكبريت ثم يقولب (٧) .

(٥) - مطاط الستيرين البوتادايين (م . س . ب) وهو اهم مطاط اصطناعي يستعمل بكثرة في الاطارات وسيور الناقلات ومنتوجات تجارية وصناعية اخرى . هو بوليمر ينتج عن تفاعل مادتين كيميائيتين هما مادتا الستيرين والبوتادايين المشتقان من النفط الخام . لكن لا بد من حفّاز ، كما في اكثر تفاعلات التبلمر ، لتعجيل التفاعل . في آخر مرحلة من مراحل التصنيع . تضاف مواد كيميائية من مُقِرّات ومقاومات للتأكسد للحؤول دون انحلال المطاط .

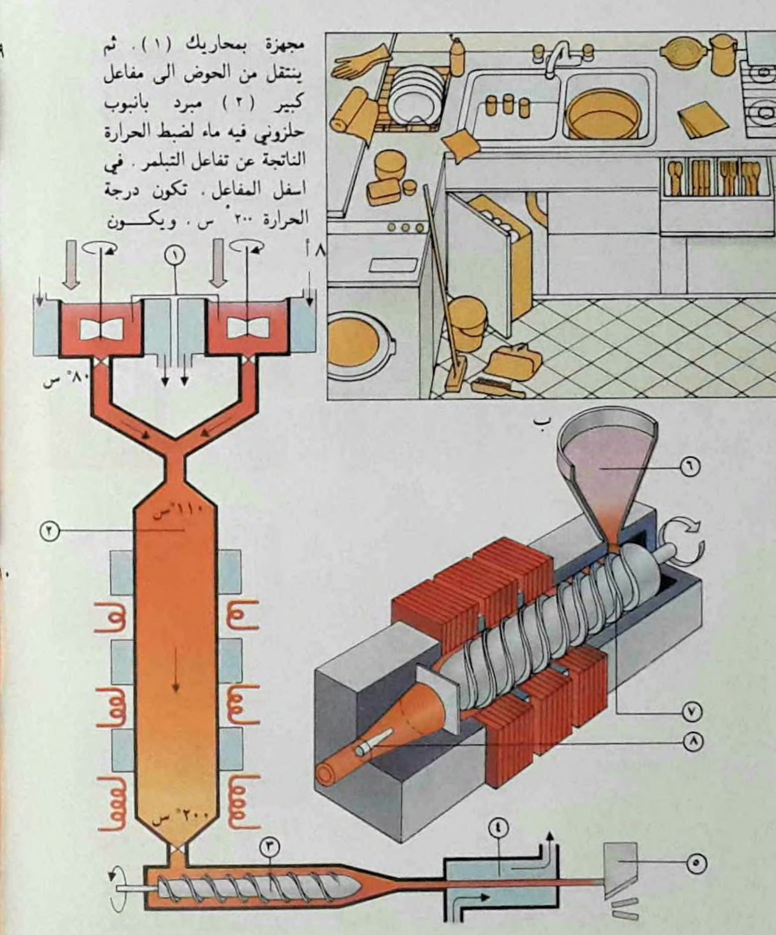
(٦) - اللدائن والمطاط متشابهة في بنيتها ويمكن صنعها من مادة واحدة تدعى مونومير . يبين هذا الرسم البياني (أ) كيف يتبلمر الاثيلين (١) ليعطي البوليثين اللدن . ويتفاعل المونومير ذاته (ب) مع ثاني اكسيد الكبريت (٢) والكلور (٣) لانتاج المطاط الاصطناعي المسمى هيبالون . المطاط الطبيعي مركب ايضا من سلاسل طويلة من جزيئات البوليمر .

تُصنع منه صحائف من المطاط الخام للتصدير (١ و ٤). عندما يكون المطاط بهذا الشكل ، يكون ضعيفا ولزجا وقليل التمغط ، فتُحَسَّن متانته ومرونته باضافة الكبريت اليه في عمليّة تسمى تصليد المطاط .

للمطاط ، أكان طبيعيا ام مصلّدا ام محشوا ، منافع عديدة ، وهو واسع الاستعمال على الرغم من ارتفاع سعر انتاجه . لكن انتاجه اخذ يتراجع منذ الستينات بسبب ظهور المطاط الاصطناعي (٢) .

المطاط الاصطناعي واللدائن الاصطناعية

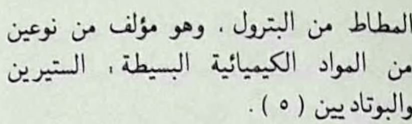
انتج أول مطاط تركيبي اي اصطناعي خلال الحرب العالمية الثانية ، ومنذ ذلك الحين تم انتاج انواع متعددة منه ، لعل اهمها من حيث كثرة الانتاج هو مطاط الستيرين البوتاد يين (م . س . ب) . يأتي القسم الاكبر من المادة الخام التي يصنع منها هذا



مجهزة بمحاريك (١). ثم ينتقل من الحوض الى مفاعل كبير (٢) مبرد بانبوب حلزوني فيه ماء لضبط الحرارة الناتجة عن تفاعل التبلمر . في اسفل المفاعل . تكون درجة الحرارة ٢٠٠° س . ويكون

(٧) - اوجه الاستخدام المنزلي للمواد اللدنة لا تُحصى . تتراوح الآنية بين أوعية الطعام وبين احواض الغسيل . حتى اصبح الماء المعدني نفسه يعبأ احيانا في قنان من المواد اللدنة ، وغدت المطابخ الخالية من اللدائن تبدو اليوم فارغة .

(٨) - طريقة صنع البوليستيرين مثال نموذجي لصنع اللدائن . المادة الكيميائية التي ينبغي ان تتبلمر هي الستيرين المستخرج من النفط . في المرحلة الأولى ، يتبلمر الستيرين جزئيا (أ) بواسطة حفّار في احواض



المطاط من البترول ، وهو مؤلف من نوعين من المواد الكيميائية البسيطة ، الستيرين والبوتاد يين (٥) .

هناك انواع اخرى من المطاط الاصطناعي ، منها النيوبرين والهيبالون (١٠) ، وكلاهما مستعمل في الصناعة نظرا لمقاومته للمواد الكيميائية . ومنذ زمن قصير ، انتج المطاط السيليكوني ، وهو يستعمل كثيرا كمانع للتسرب في المحركات النفاثة

الستيرين بكليته تقريبا قد تبلمر بشكل مادة لدنة سائلة وحارة . يقذف هذا السائل بواسطة آلة بثق (٣) الى حمّام من الماء (٤) حيث يُبرّد ويصبح جامدا وصلبا . عندئذ يصبح بالامكان تقطيع المادة اللدنة الى رقائق صغيرة (٥) جاهزة للنقل . تُصنع المنتوجات (ب) من الرقائق اللدنة (٦) بدفع المادة المنصهرة الى قالب (٨) بواسطة آلة بثق محمّاة (٧) . يُستعمل البوليستيرين لصنع العديد من الأدوات المنزلية .

(٩) ـ تُقولب اكثر المواد اللدنة ، كمقاعد الكراسي هذه ، لتأخذ شكلها المطلوب . اللدائن المصلدة تظل جامدة ولا يمكن اعادة صهرها ، لذلك تُقولب عادة بضغط الكريّات في قوالب . اما اللدائن الحرارية ، التي تلين وتنصهر عندما تُسخّن ، فانها تضخ في قالب لتتخذ شكلها النهائي .



(١٠) ـ يمكن استعمال اللدائن الشفافة كالبوليستر والاكريليك لحفظ النماذج البيولوجية ، وتستخدم ايضا كمواد للتزيين .

وفي نوافذ الطائرات .

انتشر استعمال اللدائن اليوم بحيث اصبح من الصعب تصور ماذا تكون الحياة بدونها (٧) . من المعروف ان اولى البوليمرات الاصطناعية التي سميت لدائن كانت مركبات مصنوعة من بوليمر طبيعي هو السلولوز . وكان السلولويد (نيترات السلولوز) أول تلك اللدائن ، وهو مادة سريعة الاشتعال تصنع منها الافلام والدمى .

الباكليت هو ايضا من اللدائن الاولى ، وهو لا يزال مستعملا بكميات كبيرة لصنع المآخذ والوصلات الكهربائية . كان الباكليت اوّل اللدائن التي تُصلّد بالتسخين ، وهي لدائن تصبح صلدة بتسخينها ولا تعود الى حالة الانصهار ما لم تتحلل .

الفئة الثانية الكبرى من اللدائن هي فئة اللدائن الحرارية التي تدعى هكذا لأنها تلين بالتسخين ، وهي تشمل المواد المألوفة التي تُصنع منها الكؤوس والاباريق البوليثينية ، ومنسوجات البوليستر والنيلون ، والاواني المطبخية المصنوعة من التفلون ، والالبسة المصنوعة من كلورور البوليفينيل .

تقنات القولبة

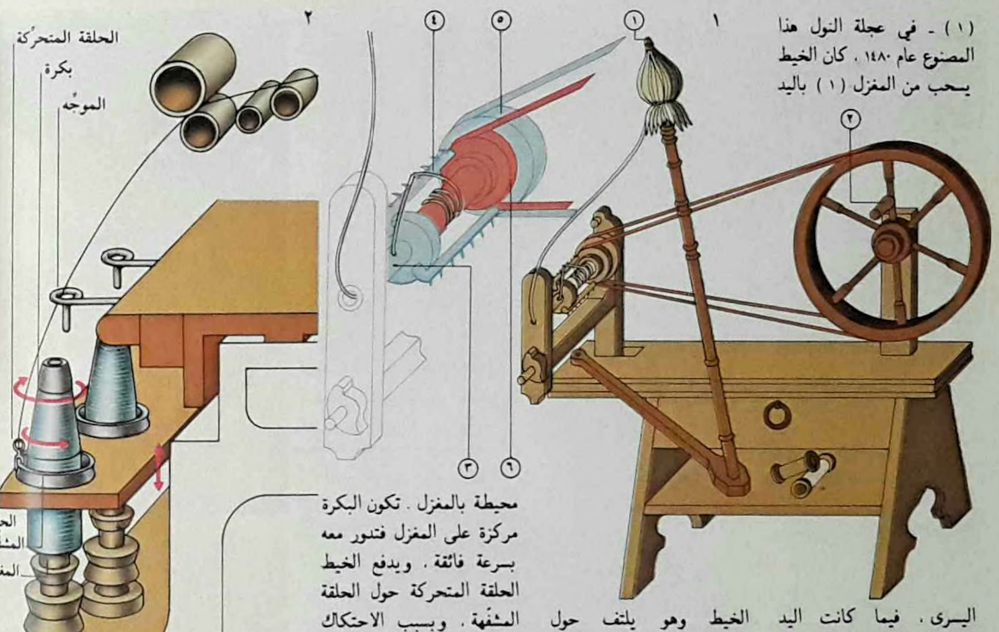
تُقولَب اللدائن عادة لتأخذ الشكل المطلوب . وغالبا ما تقولب اللدائن المصلدة بالتسخين بشكل كريّات تُضغط وتسخّن حتى تسيل ثم تقسو متخذة شكل القالب . وكثيرا ما تأخذ اللدائن الحرارية شكلها بالضغط (٧) . اما الأنابيب والقضبان والصفائح من اللدائن والمطاط ، فتشكّل بعملية البثق (٨) .

صناعة الاقمشة

تصنع جميع الانسجة تقريبا المعدة للثياب والاكياس والسجاد والأغطية الاخرى انطلاقا من الياف معقودة او محبوكة معا. قد تكون هذه الالياف طبيعية ـ من صوف مثلا او من قطن ـ وقد تكون اصطناعية كالياف النيلون والتيريلين. بالاضافة الى ذلك، كثيرا ما تُنسج الالياف الطبيعية والالياف الاصطناعية معا، كما في مزيج التيريلين والقطن المستعمل في صنع القمصان والكنزات (البلوزات).

من الالياف الى الانسجة

يتألف كل خيط من عدد كبير من الألياف القصيرة المجدولة معا بعملية الغزل



(١) ـ في عجلة النول هذا المصنوع عام ١٤٨٠، كان الخيط يسحب من المغزل (١) باليد اليسرى، فيما كانت اليد اليمنى تدير العجلة (٢). كان الخيط يمر في مغزل اجوف (٣) فيعلق بجنيح (٤) مثبت على المغزل وتسيّره بكرة (٥). وكان المكب يدور ايضا على المغزل، لكنه كان متصلا ببكرة (٦) اصغر من البكرة الاولى واسرع منها دورانا بحيث كان الجنيح يثني الخيط وهو يلتف حول المكبّ.

---

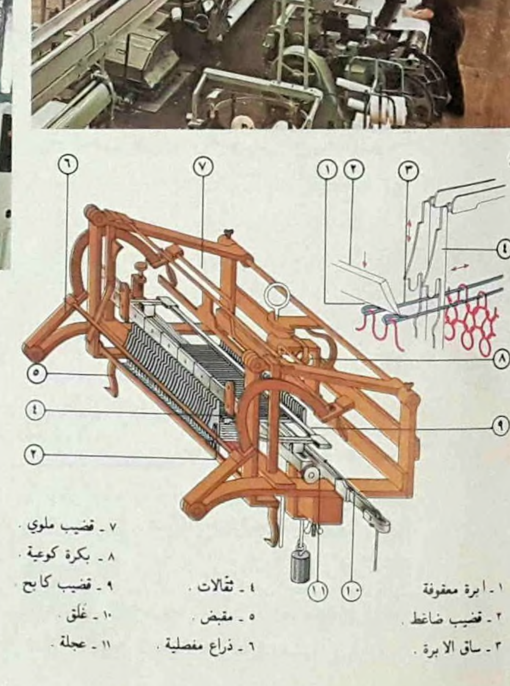
(٢) ـ يُستعمل النول الحلقي الذي اخترعه جون ثورب لغزل القطن. يمر الخيط بين سلسلة من الاسطوانات الى ان ينحدر الى المغزل. استبدل الجنيح هنا بحلقة صغيرة متحركة تدور بحرية على حلقة مشفّهة محيطة بالمغزل. تكون البكرة مركزة على المغزل فتدور معه بسرعة فائقة. ويدفع الخيط الحلقة المتحركة حول الحلقة المشفّهة. وبسبب الاحتكاك الذي يحصل بين الحلقة المتحركة والحلقة المشفهة تتباطأ سرعة هذه الاخيرة فيلتف الخيط على البكرة فيما هو يُغزل. اما الصفيحة الحاملة للحلقة المشفهة وللحلقة المتحركة فانها ترتفع وتنحدر موزعة الخيط بانتظام على البكرة.

(١ و ٢) . تصنع قطعة القماش بجدل خيوط عديدة في عملية النسج التي تتم بواسطة آلة تدعى النول (٩) . ولكن عندما يستعمل خيط واحد متواصل لصنع القماش ، تسمى العملية حبكا . في الصناعة ، تحبك الاقمشة بواسطة الآلات (٤ و ٥) .

تصنع الانسجة المخرّمة بتشبيك الخيوط وفتلها معا . اما الانسجة اللبادية فهي فريدة من نوعها ، لانها ليست محبوكة ولا منسوجة ، بل تصنع بدق الصوف وهو رطب وحار مع ألياف أخرى . يعود الشعور بنعومة المخمل الصقيل الى العديد من خصل اطراف الخيطان المقطوعة فيه (٦) ، غير ان المخمل المعرّق هو قماش منسوج ولكن غير مقطوع ، وتعود نعومته الى العقد النافرة من ألياف الصوف او القطن او الألياف الاصطناعية .

يتطلب تحضير الالياف عددا من العمليات . ففي صناعة القطن ، تتضمن هذه





(٣) - في المعامل الحديثة يعمل عادة عدد من الانوال في آن واحد . يكون هناك مراقب يُعنى بآلة او بأكثر ، فيربط الخيوط اذا ما انقطعت ويزوّد المغازل ببكرات ملأى . تختلف متانة الخيط ومرونته حسب درجة الحرارة ورطوبة الهواء . لذلك يكيف الهواء في جميع ارجاء القاعة للحصول على احسن النتائج .

(٤) - كان اول نوع ناجح للحياكة هو الذي اخترعه وليم لي عام ١٥٨٩ ، وكان يدار بواسطة مدوس وبكرة ، وكان يعمل بسرعة مدهشة تبلغ ٦٠٠ قطبة في الدقيقة .

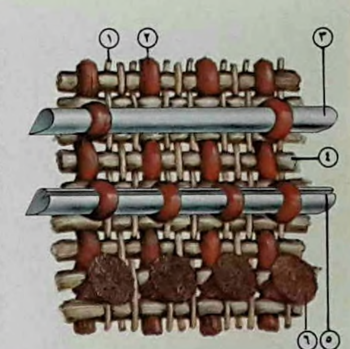
(٥) - امنت آلات الحبك الحديثة انتاج الكلسات المحبوكة بالجملة . بدأت الانوال الدائرية العاملة بمحرك تعمل في الاربعينات من القرن التاسع عشر ، وظهرت آلة الدرز بعد ذلك بعشرين سنة .

العمليات تنظيف الالياف بالفرشاة من البزور في محلج قطن ، ثم ضرب الالياف تكرارا لتفكيكها ، ثم لفها او جمعها وتمهيدها لتصبح خصلا ناعمة . تتم جميع هذه العمليات اليوم كليا بواسطة الآلات .

يجعل الياف القطن مستقيمة جهاز خاص يجعل منها ايضا شلة او حبلا رخوا . الألياف الطويلة وحدها تستعمل لصنع الخيوط الممتازة ، ويتم الحصول عليها بتمشيطها في آلة تعلق فيها الالياف بصفوف من الدبابيس ، ثم بسحب الشلل من بين اسطوانات من المطاط يدور كل زوج منها بسرعة تفوق سرعة الزوج الذي يتقدمه بحيث تستطيل الالياف لتشكيل فتائل جاهزة للغزل .

يجب غسل الصوف بمادة منظفة لازالة الاوساخ والمواد الدهنية منه . لا تدخل في بنية الصوف الممتاز الا الالياف الطويلة التي يتم اختيارها بعملية تمشيط . التعطين او

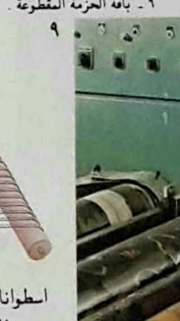
٦



(٦) - بدأت حياكة المخمل في الصين . ترفع حزمات خيوط السداة لادخال السلك كي يصنع عقدة في الحزمة . لهذا السلك شفرة في طرفه لقطع العقدة وتشكيل باقة .

١ - سداة الاساس .
٢ - حزمة خيوط السداة .
٣ - سلك للحزمة غير المقطوعة .
٤ - لحمة الاساس .
٥ - سلك للحزمة المقطوعة .
٦ - باقة الحزمة المقطوعة .

٧

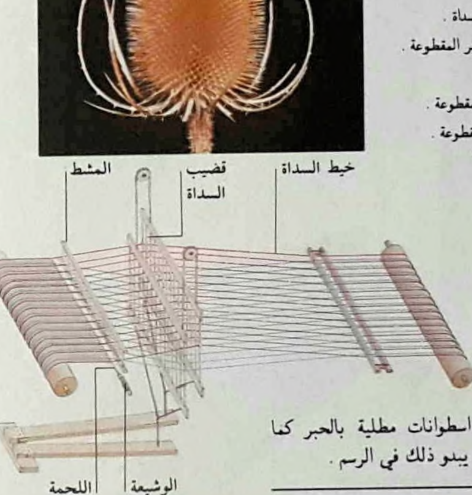


(٧) - كان يصنع من رؤوس شوك الدرّاج « فرشاة » من الهلب المعقوف كانت تُستعمل تقليديا لزأبرة النسيج الصوفي الخشن . وللآن لم تصنع آلة تحل محلها للقيام بعملها .

٨

(٨) - تطبع الرسوم على الاقمشة بعد اتمام نسجها . يمكن استعمال صفائح مسطحة تظهر فيها الرسوم بارزة او مجوّفة (نقوش غائرة) . او تُطبع الاقمشة بواسطة اسطوانات مطلية بالحبر كما يبدو ذلك في الرسم .

٩



(٩) - تعمل انوال النسيج الاولى وفقا لمبدأ الرتق ، فتمرّ خيوط اللحمة فوق خيوط السداة وتحتها على التوالي . في انوال بدائية اخرى كان خيط السداة يربط بقضيب يدعى قضيب السداة ويُرفع ليمكّن خيط اللحمة من المرور . حلت محل هذا القضيب في ما بعد أداة تدعى سهما كانت توزع خيوط السداة في تركيبات مختلفة .

النقع اسم لمعالجة الياف الكتان (لصنع الاقمشة الكتانية) التي تنقع في الماء كي تلين. يأتي الحرير من فيلجة (شرنقة) دود الحرير، ويحتاج الى معالجة خاصة بالصابون او بمنظف آخر لازالة الصمغ الذي يحيط بخيوط الفيلجة.

الغزل والنسج

لم تتطور صناعة الاقمشة الا في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، مع ان الغزل والنسج كانا من اقدم النشاطات البشرية. تقدمت هذه الصناعة في انجلترا اولا نتيجة لسلسلة من الاختراعات البريطانية. من بين المخترعين البريطانيين ريتشرد أركرايت (١٧٣٢ - ١٧٩٢) الذي أمّن نوله لاول مرة عام ١٧٦٨ خيطا من القطن له من المتانة ما يمكّن من استخدامه كسداة على انوال النسيج الآلية. وجيمس هرجريفز (توفي عام ١٧٧٨) الذي حصل، بعد ذلك بسنتين اي في عام ١٧٧٠، على امتياز لمغزل يمكّن من غزل عدة خيوط في وقت واحد. ومن الاختراعات المبكرة الأخرى مغزل صموئيل كرومبتون (١٧٥٣ - ١٨٢٧) الآلي ونول ادموند كارترايت (١٧٤٣ - ١٨٢٣) الآلي.

في عملية الغزل، تمر الالياف على مغزل خاص يحمل مكبات مثبتة على اطار متحرك من النوع الذي اخترعه اصلا صموئيل كرومبتون. يتحرك الاطار اولا الى الخارج فيسحب الالياف ويفتلها صانعا خيطا منها، ثم يعود الاطار الى الوراء، فيلتف الخيط على المكب توجهه اسلاك. اما اليوم، فيُغزل الصوف المندوف والقطن على مغزل ذي حلقات اخترعه جون ثورب في الولايات المتحدة عام ١٨٢٨ (٢).

يغزل الكتان على هيكل ذي جنيح اجوف مقلوب بشكل U ومثبت على مغزل. يمر كل خيط الى مكبّ عبر الجنيح الذي يدور حول ذلك المكب فينفتل الخيط بدورانه.

في عملية النسج يستعمل خيطان: السّداة، وهي مجموعة من الخيوط الطويلة المشدودة على النول والتي تنفسخ بالتناوب، واللحمة التي يزيحها الى الجانبين عبر خيوط السداة المنفسخة مكوك مربوطة به. في وقت معين تنضم خيوط السداة الى بعضها بعضا، فيدفع خيط اللحمة الجديد الى الوراء ليلامس الخيط السابق بواسطة مشط الغزل. يتم النسج على انوال المعامل بسرعة، لأن خيوط اللحمة تُدفع بين خيوط السداة بواسطة مكوك ذي سرعة فائقة.

انجاز الانسجة

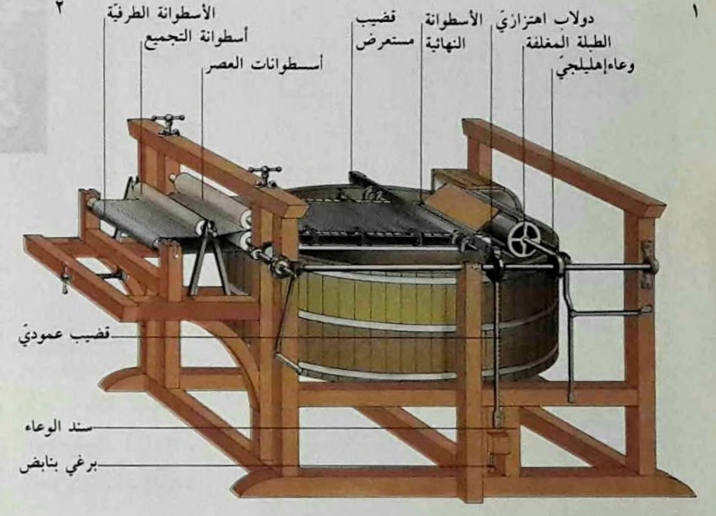
تبلغ الانسجة طورها النهائي وتعتبر ناجزة بفعل عدد من العمليات التي تتضمن التبييض والصبغ والطبع. التبييض ضروري احيانا لبعض الانسجة قبل صبغها. يشبه الطبع على القماش الطبع على الورق.

يمكن تحسين لمعان النسيج، ولا سيما النسيج القطني، بعدة طرائق، منها الحرق السطحي والمرسرة، وهي عملية تستعمل فيها الصودا الكاوية. وتُعالج الاقمشة الصوفية ضد الانكماش بمعالجة الالياف بمادة كيميائية. ومقاومة التجعد عملية انجاز اخرى، مع انها ليست ضرورية للكثير من الاقمشة الاصطناعية التي تقاوم التجعد على كل حال. وهناك طرائق خاصة لاعطاء الاقمشة خصائص الصمود للنار وللماء وللعث.

صُنع الورق

الورق من اكثر المواد المستعملة يوميا في المجتمعات الصناعية ، واحدى المواد التي استعملها الانسان منذ حوالى الفي سنة . لا يعتمد الانسان على الورق لتسجيل انبل افكاره وحسب ، بل يستعمله ايضا لسد اكثر حاجاته الاساسية . ففضلا عن الجرائد والكتب ، يستعمل الورق للتغليف وكأوعية للمأكولات والمشروبات ولتزيين المنازل . وللآن لم يصنع مشابه له يحل محله .

تقوم اكثر انواع الورق الحديثة على الياف متشابكة مستخرجة من الخشب . غير ان بعض انواع الورق قد تحتوي على الياف مأخوذة من الخرق البالية ومن مواد نباتية اخرى وحتى من مواد اصطناعية . مبدأ انتاجه



(١) - سجل نقولا لويس روبير (١٧٦١ - ١٨٢٨) اختراع اول آلة لصنع الورق عام ١٧٩٩ . كانت الآلة تصنع الورق بشكل صفائح مستطيلة بواسطة جهاز من سيور يحرك باليد . يصب المزيج من الماء والعجينة في صندوق بيضويّ الشكل ، ثم يرفع بواسطة قضبان نحاسية دوارة ويفرغ على السطح الاعلى لنسيج معدني طويل متحرك يجري على اسطوانتين طرفيتين . ثم تمرّ العجينة بين اسطوانتين عاصرتين مغلفتين باللباد تنزعان منها معظم مائها . فتنفصل صفيحة الورق عن النسيج وتلتف على اسطوانة .

---

(٢) - استُعملت العلامات المائية على الورق ، كدلالة على رفعة مركز صاحبه ، منذ اواخر القرن الثالث عشر . وكان اول استعمالها في ايطاليا ، ولا زالت تستعمل في الوثائق والاوراق النقدية كضمانة لصحتها .

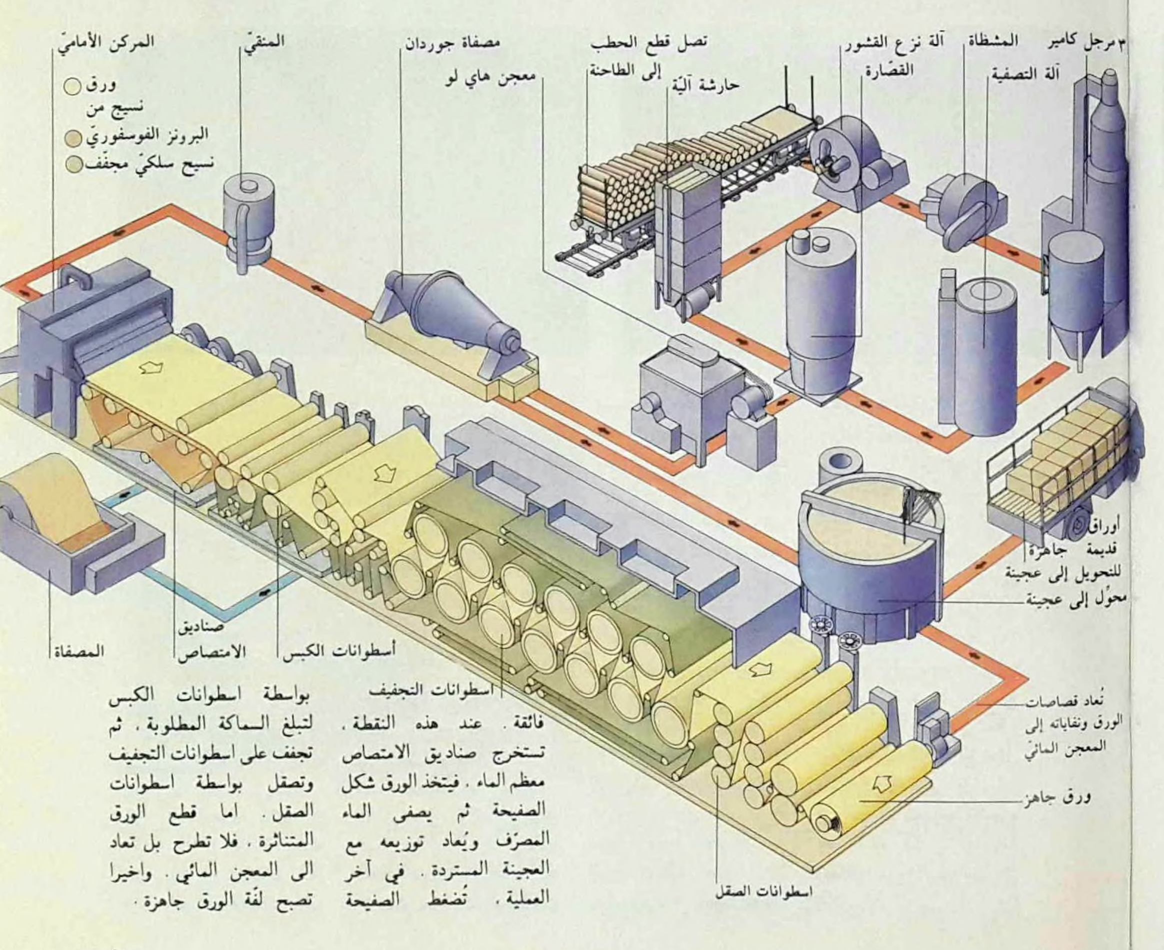
---

(٣) - تظهر هنا عملية صنع الورق في رسم بياني مبسط . تصل قطع جذوع الاشجار الى آلة تنزع عنها القشور بواسطة جهاز من السكاكين دون ان تعطب لب الخشب . بعد ذلك يصل الخشب الى مِشظاة . لهذه الآلة سكاكين دوارة تقطع الخشب قطعًا تبلغ سماكتها حوالى ٣ ملم . من هناك تنتقل الشظايا اما الى مرجل حيث تعالج بالطبخ مع مواد كيميائية تحولها الى « عجينة كيميائية » تنزع منها المواد الكيميائية فيما بعد بواسطة اجهزة خاصة ، او توجّه تلك الشظايا نحو جارشة آلية . تلتقي العجينتان في آلة التبييض ، ثم تنتقلان الى معجن خاص ، ومن هناك الى مصفاة خاصة تخضعان فيها لمعالجة أخرى . اما الاوراق المستعملة ، فبعد نزع الحبر عنها واعادة تبييضها ، فانها تعجن في معجن مائي بواسطة محرك رحوي متعدد الريشات ثم تلتحق بالعجينة الاخرى في المصفاة ، وينتقل كامل العجين الى منق هو كناية عن منخل ضغطي ثم الى المركز الامامي . هنا تعالج العجينة لتأمين تماسكها ثم تدخل عبر صمام و بمعدل معيّن الى نسيج سلكي من البرونز الفوسفوري يجري بسرعة

بسيط بساطة المادة التي يستخرج منها . يقطَع الخشب الى قطع صغيرة ، يُنقّى قليلا ، ثم تعالج اليافه بمواد كيميائية ، وتنشر في كمية كبيرة من الماء ، فتتحول الى طبقات رقيقة تجفف وتصفّى ، فيكون الورق .

انتاج الورق صناعيا

انتاج الورق صناعيا اكثر تعقيدا من ذلك بكثير. ففي كل سنة تقطع ملايين الاشجار لصنع الورق وحده (٥) . امام هذا الواقع اخذ القلق يستولي على الرأي العام خشية ان تؤدي صناعة الورق الى القضاء على مناطق الغابات الطبيعية . لكن الشركات المسؤولة عن هذه الصناعة بدأت تقيم استثمار الغابات على مبادىء بيئوية تمكن من تجديد منتظم للاشجار ، فتترك صفوفا من الاشجار القائمة حول المنطقة التي قطعت اشجارها لتأمين التوالد الطبيعي ، وفي اماكن عديدة تغرس



فائقة . عند هذه النقطة ، تستخرج صناديق الامتصاص معظم الماء . فيتخذ الورق شكل الصفحة ثم يصفى الماء المصرّف ويُعاد توزيعه مع العجينة المستردة . في آخر العملية ، تُضغط الصفحة بواسطة اسطوانات الكبس لتبلغ السماكة المطلوبة ، ثم تجفف على اسطوانات التجفيف وتصقل بواسطة اسطوانات الصقل . اما قطع الورق المتناثرة ، فلا تطرح بل تعاد الى المعجن المائي . واخيرا تصبح لفّة الورق جاهزة .

شجيرات لتجديد الغابة .

في غابات امريكا الشمالية وسكنديناڤيا ، تُنقل الاشجار بعد قطعها الى الانهار التي كثيرا ما تكون مجلّدة في الشتاء . وفي الربيع ينقلها التيار بالآلاف . في بعض الاماكن من الانهر تجمع الجذوع فتشكل اطوافا هائلة تُقطر الى المعامل . كذلك تستعمل شاحنات لنقل الجذوع من الغابة الى المعامل .

بعد وصول الجذوع الى المعامل ، تقشر ثم تُعالج باحدى طريقتين : فقد تجرش بواسطة احجار ضخمة وتُحوّل الى ما يسمى بالعجينة الآلية ، او « تطبخ » في مراجل كبيرة في عملية يتحلل فيها الخشب كيميائيا . يتألف الخشب من عنصرين رئيسيين : السلولوز ومادة اخرى معقدة تدعى الخشَبين التي تضمّ الياف السلولوز معا لتجعل الخشب صلبا . عند « الطبخ » يزول الخشبين ، ويعرف ما ينتج

٤


٦


(٤) ـ ظهر البرديّ ، وهو مادة الكتابة للعالم القديم ، قبل الورق بما لا يقل عن ٣٥٠٠ سنة . كان البرديّ يُصنع من قصب البردى ، وهو نبات مائي من فصيلة السّعديّات لا يزال ينبت في دلتا النيل . كان تحضيره يتم ببسط شرائح مستطيلة من القصب جنبا الى جنب توضع فوقها شرائح اخرى متعامدة معها . بعد ذلك ، كانت تغمس الشرائح في مياه النيل التي كانت تولد مادة لاصقة تلصقها معها . اخيرا كانت الصفيحة تُطرّق ثم توضع في الشمس لتجف . وكانت الخشونة في السطح تصقل بالعاج او بصدفة ملساء .

٥

(٥) ـ يهدد الطلب المتزايد للورق وللورق المقوّى اشجار الغابات بالفناء . اذ لا بد من شجرة كاملة لكل ٤٠٠ نسخة من جريدة ذات قطع نصفي من ٤٠ صفحة . وفيما تقطع الغابات لتلبية الحاجات المتزايدة ، لا يعاد تجديدها لسوء الحظ . وحتى لو توفرت المساحات الكافية من الارض لغرس اشجار جديدة ، لاحتاجت هذه الاشجار من ٢٠ الى ٤٠ سنة لتبلغ نموها الكامل . لذلك اصبح من الملح يوما بعد يوم اعادة تصنيع الورق المستهلك . بلغ استهلاك الورق عام ١٩٧٣ ما يقرب من ١٤٧مليون طن اعيد تصنيع حوالى ٢٠٪ منها .

(٦) ـ لم تتغير طرائق صنع الورق الا قليلا منذ الفي سنة . يتم الحصول على مزيج معلق من الياف السلولوز بتطريقها في الماء ثم بتفريغها ونقعها . بعد ذلك تكبس الصفيحة وتجفف لنزع الماء منها ثم تصقل .

عن هذه العملية بالعجينة الكيميائية (٣) . هذه الطريقة اكثر رفقا بالياف الخشب من الطريقة الآلية ، ويكون الورق الذي يُصنع بها اقوى لانها تبقي الالياف سالمة .

معالجة العجينة

اذا كان معمل العجينة ومعمل الورق واقعين جنبا الى جنب ، يمكن ضخ العجينة السائلة مباشرة من الاول الى الثاني . اما اذا كان احدهما بعيدا عن الآخر ، فتجفف العجينة جزئيا وتكبس قبل نقلها . في هذه الحالة ، تفتت العجينة الجافة مجددا في معمل الورق بواسطة آلة مائية خاصة ، ثم تُطرق حتى تتبعثر كليا . بعدئذ تُضاف اليها بعض المواد كالصلصال الصيني وصمغ الراتنج وسلفات الالومين وغيرها من مواد كيميائية تُستعمل « كمساعدات احتجاز » للاحتفاظ بالمواد المضافة بعد ازالة الماء . من الممكن ايضا اضافة اصباغ كثاني اكسيد التيتانيوم لتلوين الورق او لزيادة بياضه . ويؤثر الصقل والمواد المضافة على مظهر ونوعية الورق .

لآلة صنع الورق الاكثر استعمالا - والمعروفة باسم آلة فورد رينيه - ثلاثة اقسام رئيسية : ففي الطرف الرطب تسيل عجينة الالياف المطروقة الى شريط متحرك مصنوع من نسيج معدني رقيق او من شبكة لدائنية . هناك ، وبفعل عملية امتصاص ، يزول قسم كبير من الماء تاركا الالياف واكثر المواد المضافة على الشبكة . تسير صفيحة الورق الرطبة نحو قسم المكبس حيث تنقل على قطع من اللباد تمر بين الاسطوانات لازالة جزء من الماء منها . وأخيرا تُنقل الصفيحة التي اصبحت الآن اكثر تماسكا الى سطح آخر من اللباد في اقسام التجفيف ، حيث تمر فوق ما لا يقل عن ٦٠ اسطوانة لانجاز التجفيف .

تنجز آلات صنع الورق ، التي لا يقل عرض بعضها عن ٨٠ م ، معدلا من الورق يزيد على ٩٠٠ م في الدقيقة . فالعجينة ، التي تدخل الآلة وفيها اكثر من ٩٩٪ من الرطوبة ، تتحول في خلال بضع دقائق فقط الى ورق مصقول لا يحتوي على اكثر من ٥ الى ١٠٪ من الرطوبة . يُلفّ الورق على بكرة ، وفي بعض الاحيان يخضع لمعالجة اخرى قبل لفه ، اذ قد يرطّب ثانية ويمر بين اسطوانات ليتمّ صقله أو يُطلى بالصلصال الصيني واللثى (لاتِكس) للحصول على ورق من صنف ممتاز للاعمال الفنية .

الورق في العصر الحديث

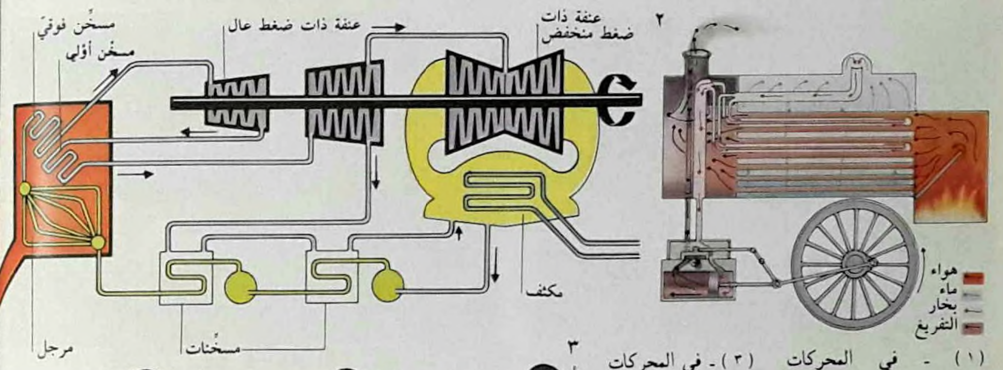
جرت مناقشات عديدة في الماضي حول كيفية تماسك الياف السلولوز في الورق . اليوم يُنسب هذا التماسك ، الى حد بعيد ، الى ما يسمى بـ « الترابط الهيدروجيني » ، وهو كناية عن رباط ضعيف بين ذرة من الهيدروجين تكون اصلا مترابطة كيميائيا وبين ذرة هيدروجين أخرى متاخمة لها .

الورق اكثر من مجرد موضوع بحث في العلم الحديث . فهو احد اجزاء بعض المعدات الآلية الاكثر تعقيدا في العالم ، وله بعض التطبيقات التقنية الخاصة ، كدخوله مثلا جزءا من العازل في المكثفات الكهربائية ، وهذا ما تجهله العامة . وعلى الرغم من ان العلم ينتج كل سنة المزيد من المواد الاصطناعية ، فالورق لا يزال يجد له كل يوم تطبيقات جديدة .

انواع المحركات الرئيسية

المحركات آلات تحوّل انواع الطاقة المختلفة الى طاقة ميكانيكية قادرة على القيام بشغل. تكون الطاقة عادة الحرارة الناجمة عن احتراق وقود، من زيت او نفط او غاز او فحم. يمكن استخدام الشغل الذي يقوم به المحرك لاغراض عديدة مختلفة، منها تشغيل آلات اخرى، او توليد الكهرباء، او ضخ الماء، او اعطاء وسائل النقل من سيارات وقاطرات وبواخر وطائرات قوة التحرك.

اكتشف قدامى المهندسين، عن طريق التجربة، كيفية تحويل الحرارة الى شغل. صيغت هذه القوانين فيما بعد في علم سمي بالترموديناميكا، وهو علم، يمكّن من حساب



(١) - في المحركات البخارية، كالمحركات المستعملة في القاطرات البخارية، تسخّن الحرارة الناجمة عن احتراق الوقود (فحما كان ام زيتا) الماء في المرجل الى درجة الغليان. فيدفع ضغط البخار الكباس في الاسطوانة الى الوراء والى الامام.

(٢) - تستخدم العنفة البخارية (التربينية) البخار المتكون في مرجل لتحريك الشفار الدوارة في سلسلة من العنفات ضغط كل واحدة منها هو دون ضغط التي قبلها. يتكثف بخار التصريف ثم يعاد استعماله في المرجل.

(٣) - في المحركات الثنائية الاشواط يفتح شوط الصعود (أ) فتحة الدخول (١) ويضغط المزيج الموجود في الاسطوانة. تشعل الوقود شمعة (ب). وبعد الاحتراق يفتح الكباس الهابط (ت) فتحة التصريف (٢) ثم فتحة التحويل (٣) مفسحا المجال لدخول مزيج جديد من الهواء والوقود. بهذه الطريقة يقوم الكباس ايضا بدور صمام للمحرك. يضاف زيت الى الوقود لجعله منزلقا. في كثير من المحركات الثنائية الاشواط تبرد الاسطوانة بالهواء بواسطة جنيحات مركبة على المحرك.

(٤) - في الدورة الرباعية المستعملة في المحركات المدارة بالبنزين، يدفع تمدد الغازات المكبس فيهبط في الاسطوانة. في شوط السحب (أ) يمتص المكبس الهابط مزيج الوقود والهواء من خلال صمام الدخول ويجرّه معه (١). اما في شوط الضغط (ب). فيقفل الصمامان. في

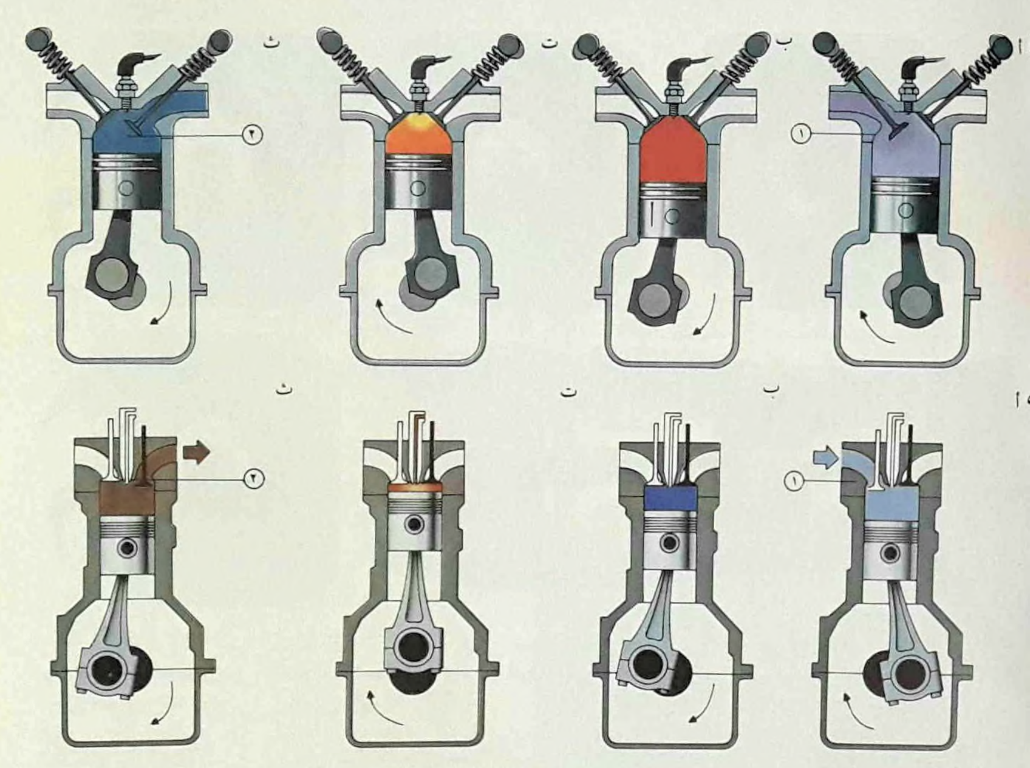
القوة التي ينتجها محرك ، وكمية الحرارة التي تتحول الى شغل .

كانت المحركات الاولى التي تم اختراعها في القرن الثامن عشر تحرق الفحم لانتاج البخار في مرجل (١) . وكان البخار يستخدم عندئذ لتشغيل المحرك . وكان يدعى هذا المحرك محركا ذا احتراق خارجي اذا كان مصدر حرارته خارجا عنه ، وكانت العنفة البخارية الممثلة في الرسم (٢) مثالا لهذا النوع .

غير ان اكثر اشكال المحركات نجاحا هو المحرك ذو الاحتراق الداخلي . ففي محرك من هذا النوع يحترق الوقود ، فيحرك تمدد الغازات الناجمة عن هذا الاحتراق كباسا ذهابا وايابا في داخل اسطوانة ، فتتحرك العجلات بواسطة محور المرفق .

المحركات الغازية الأولى

تم اختراع المحرك ذي الاحتراق الداخلي



شوط القوة (ت) . يبقى الصمامان مقفلين عندما تشعل الشمعة الوقود والهواء . وفي شوط التصريف (ث) ينفتح صمام التصريف (٢) .

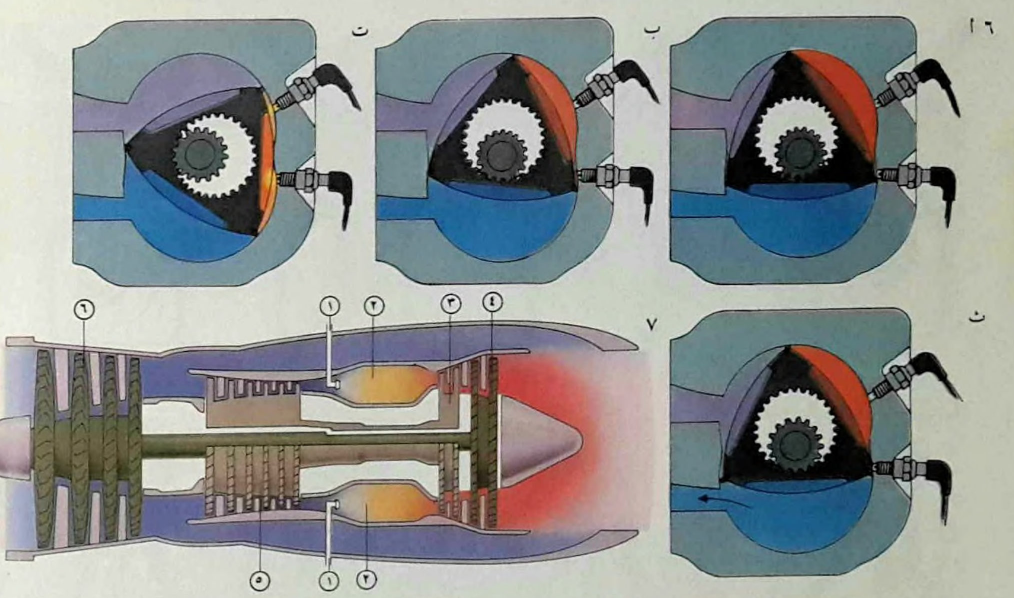
(٥) ـ في محرك ديزل ، يبث الوقود في الهواء الحار المضغوط في أعلى الاسطوانة ، فيشتعل الوقود تلقائيا . فتحرك الغازات المتمددة الكباس . في شوط السحب (أ) يدخل الهواء الى الاسطوانة من خلال صمام الدخول (١) . وفي شوط الضغط (ب) تقفل الصمامات ويضخ الوقود . فيشتعل في شوط القوة (ت) . وخلال شوط التصريف (ث) ينفتح صمام التصريف (٢) لتصريف الغازات الى خارج الاسطوانة .

في النصف الثاني من القرن التاسع عشر على يد المهندس الالماني نيكولاوس اغسطس اوتو (١٨٣٢ - ١٨٩١) الذي استخدم غاز الفحم وقودا له . قام محرك اوتو الغازي على مبدأ الدورة الرباعية الاشواط ، التي كان اول من اقترحها الفونس بو دو روشا عام ١٨٦٢ . في هذا المحرك لا ينتج الطاقة سوى شوط واحد من الاشواط الاربعة ، فيما تعمل الاشواط الثلاثة الباقية لادخال الوقود وضغطه واخيرا لتفريغه بعد الاحتراق .

المحرك ذو الاحتراق الداخلي الرباعي الاشواط هو الذي نجده في جميع السيارات والشاحنات تقريبا وفي كثير من الدراجات النارية. قد تعمل هذه المحركات بالغاز ، لكنها تزود عادة بوقود سائل غالبا ما يكون البترول (البنزين) .

محرك ديزل

يستخدم كثير من المحركات ذات



(٦) - في محرك ونكل عضو دوار بشكل مثلث مقوس في داخل حجرة . تسدّ رؤوس الدوار باحكام سدادات من الياف الكربون الكتيمة للغاز . لا تختلف اشواط الدورة الاربع مبدئيا عن اشواط دورة اوتو ، سحب (أ) ، فضغط (ب) ، فاحتراق (ت) ، فتصريف (ث) . تستعمل اقسام الحجرة الثلاثة في آن واحد . في المحرك شمعتان . يُمكن استعمال الحركة الدائرية الناتجة عن ذلك للادارة المباشرة بدون حاجة الى محور المرفق .

---

(٧) - المحرك العنفي المروحي نوع من عنفة غازية تستعمل في الدرجة الاولى لتسيير الطائرات . يمتزج الوقود الداخل الى المحرك (١) بالهواء المضغوط ويحترق في حجرة الاحتراق (٢) . تدير الغازات المتمددة عنفة سريعة الدوران (٣) وعنفة بطيئة الدوران (٤) . وهاتان بدورهما تحركان ضاغطة (٥) تزجّ الهواء في حجرة الاحتراق كما تحركان مراوح (٦) تدفع بالهواء حول حجرة الاحتراق وفي داخل انبوب تصريف الغازات ، لزيادة قوة الدفع .

---

(٨) - المحرك العنفي هو اساسيا عنفة غازية يستعمل فيها القسم الاكبر من قوة الجذع الدوار لدفع المروحة . يضغط الهواء الداخل (٢) ويمزج بالوقود (٢) ثم يحترق ليدير

الاحتراق الداخلي ، بما فيها اكثر المحركات المستعملة في السيارات التجارية الحديثة ، وقودا ثقيلا يدعى زيت الديزل . سمي هذا النوع من المحركات نسبة الى مخترعه الالماني رودولف ديزل (١٨٥٨ - ١٩١٣) . فبدلا من المفحّم او المبخّر الذي يمزج الوقود بالهواء ، يحتوي محرك ديزل على محقنة تضخ كمية معينة من الوقود في الوقت المحدد داخل الاسطوانة . وبدلا من شموع الاشعال ، تخضع محركات ديزل لضغط الغاز داخل الاسطوانة لتأمين الاشتعال . فبقدر ما يزداد ضغط الغاز ترتفع حرارته . في محركات ديزل يشتعل الوقود تلقائيا عند نهاية شوط الانضغاط . لهذا السبب يستحسن تسمية محرك ديزل محرك الاشعال الانضغاطي .

تحويل الحرارة الى شغل

لا تستطيع المحركات ذات الاحتراق الداخلي تحويل الحرارة الى شغل بطريقة فعالة . فمحرك السيارة المثالي لا يحوّل اكثر من ربع الطاقة الموجودة في الوقود الى شغل نافع ، والمحرك الرفيع التطور ذاته لا تتعدى فعاليته ٣٥٪ . يكمن سرّ هذا الانجاز المخيّب للآمال في قوانين الترمود يناميكا .

فالقانون الاول يقول بانه يستحيل الحصول في محرك على طاقة بشكل شغل تفوق كمية الحرارة التي تدخله . ويذهب القانون الثاني الى ابعد من ذلك ، فيبين ان كمية الشغل الذي ينتجه محرك تكون دائما دون كمية الحرارة المستهلكة ، وبتعبير آخر يكون مردود اي نوع من المحركات دائما اقل من ١٠٠٪ .

كان من نتيجة الصعوبات التي تعترض تصميم محرك يبلغ حد الكمال ان جاء مردود المحركات الحالية دون المردود النظري الى حد بعيد . فالاحتكاك ، والارتجاج ، والطاقة التي يستهلكها المحرك ذاته لتشغيل اعمدة ادارة الكامات والمراوح ، وغير ذلك ، فضلا عن الخسارة الناجمة عن نقل الحركة من المحرك الى العجلات ، كل ذلك من شأنه ان يخفض المردود الى دون المستوى المثالي بكثير .

٨

العنفة (٣) . فيتم الحصول على قوة من ٢٠٠٠ حصان بخاري .

(٩) - في الربع الاول من هذا القرن ، كانت تصنع محركات صغيرة خفيفة للدراجات النارية تبرّد بالهواء . في عام ١٩٢٧ ، استعملت شركة مورغن البريطانية محركا شبيها بمحرك هذه السيارات ذات ثلاث عجلات العائدة الى عام ١٩٢٧ . كان لهذا المحرك اسطوانتان تشكلان زاوية . وكان يدفع الى الامام جذع مروحة على طول قاع السيارة الى علبة تروس السرعة التي كانت تحرك العجلة الخلفية الوحيدة بواسطة سلسلة . كان للسيارة مقود من نوع مقود الدراجات النارية .

٩



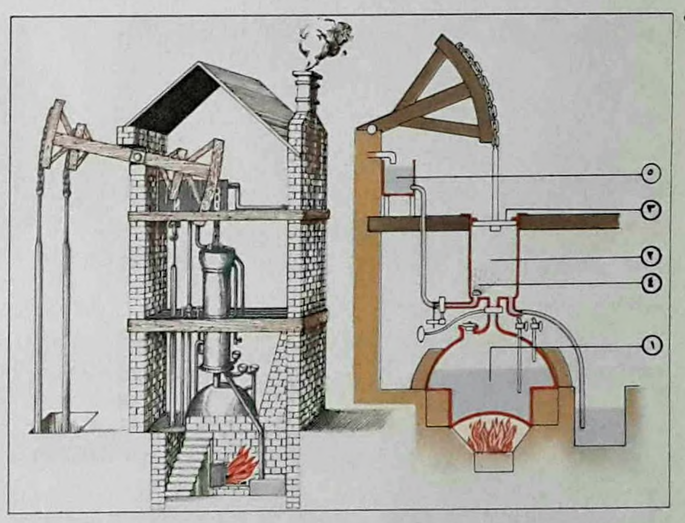
المحركات البخارية

يعتبر المحرك البخاري اجمالا من اهم الاختراعات التقنية التي اسهمت في تقدم الحضارة البشرية . فقد تطورت الحياة التجارية والصناعية في القرنين اللذين عقبا ظهوره الى حد لم يسبق له مثيل . فضلا عن ذلك ، كان المحرك البخاري احد الاختراعات القليلة التي كانت نافعة كليا ومؤثرة في جميع مرافق الحياة .

تأثير المحرك البخاري

ظهر اول أثر للمحرك البخاري في عمليات استخراج الفحم الحجري . فقبل عام ١٧١٤ ، ظل استخراج الفحم العميق المغمور بالماء يبدو مستحيلا ، حتى اخترع توماس

١



(١) ـ كان محرك نيوكومن البخاري المصنوع عام ١٧١٢ اول محرك استخدم كباسا وقضيب ارتباط لنقل الحركة الى المضخات . ينتقل البخار المنطلق من المرجل (١) الى الاسطوانة (٢) . فيسحب ثقل قضبان المضخة الكبّاس (٣) الى فوق ، ثم يغلق على البخار ويصب ماء بارد (٤) فيه فيتكثّف . فيحدث الفراغ الناجم عن ذلك ضغطا يشد الكباس الى تحت ، فيما يكون قضيب ارتباط في العارضة يهزّه ويجعله يدير المضخة الرئيسية . يندفع الماء المكثف والهواء خارج الاسطوانة عبر انبوب ، فترفع مضخة صغيرة الماء الى الخزان الرئيسي (٥) .

---

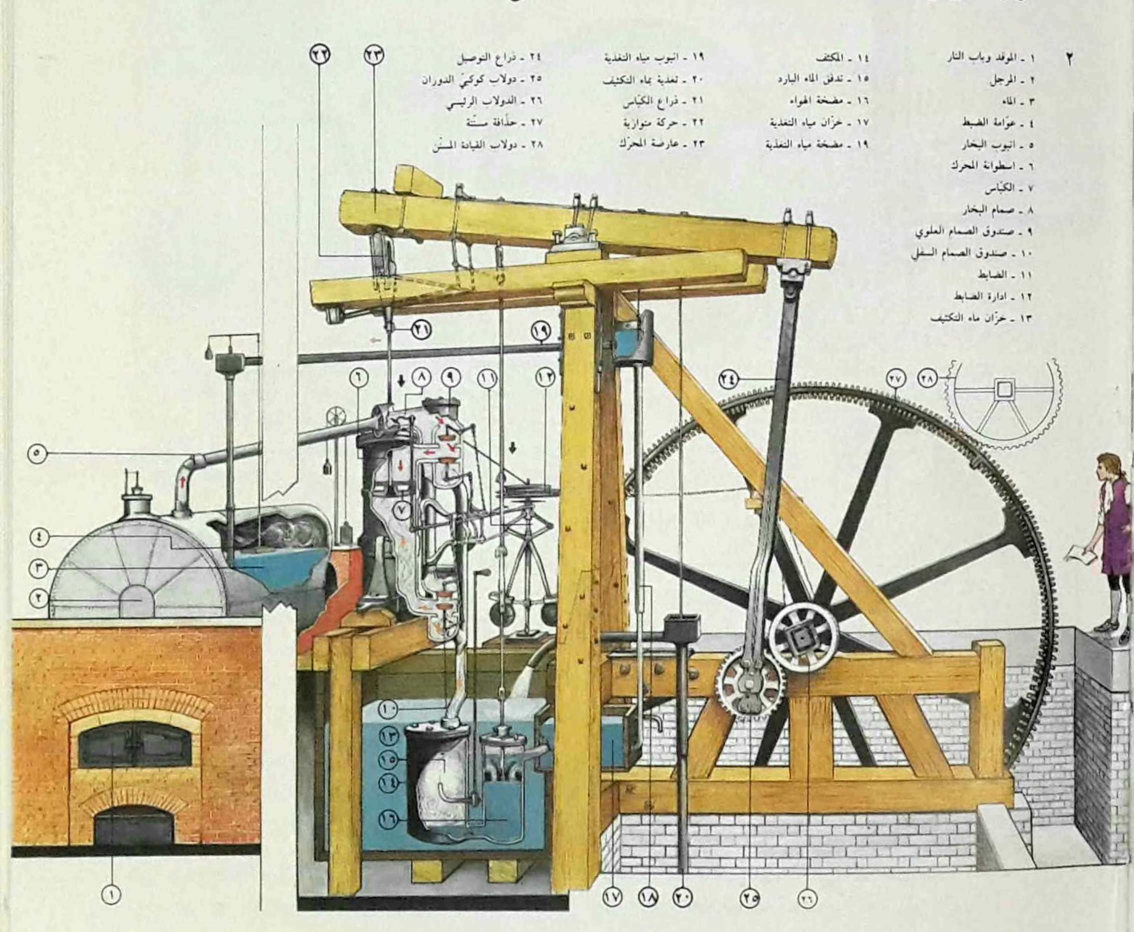
(٢) ـ اصبح محرك جيمس واط (١٧٦٩) يقلل من كمية الوقود المستهلكة . بعد ان فصل فيه المكثف عن الاسطوانة . لكنه بقي مجرد آلة للضخ ، فيما كانت الصناعات المتواصلة النمو بحاجة الى الطاقة لتشغيل المحركات ، فجاء محرك واط المزدوج الفعل (١٧٨٤) يؤمّن لها هذه الطاقة . كان هذا المحرك يحتوي على الصفات الاساسية للمحركات الحديثة ، ويشكل تقدما ملحوظا بالنسبة الى محرك نيوكومن . ففيه يسخّن موقد (١) قاعدة مرجل (٢) وجوانبه . ويدخل البخار تحت ضغط ٥٠ كجم / سم٢ الى اسطوانة (٦) مقفلة في قسمها الاعلى لتمكّن البخار من دفع الكباس (٧) صعودا ونزولا . ويتحرك ساعد ارتباط (٢٢) بشكل متواز . فينقل الجهد الى عارضة (٢٣) تدور حول مركزها . ثم ينقل الحركة الى المصنع ذراع توصيل (٢٤) ثبتت في طرفه عجلة صغيرة (الكوكب) (٢٥) تحرّك العجلة الرئيسية (الشمس) (٢٦) لجذع عجلة تنظيم السرعة . وكانت اسنان عجلة تنظيم السرعة (٢٧) تتشابك مع اسنان ترس صغير (٢٨) في طرف عمود الادارة . كان الهيكل مصنوعا من الخشب ، وكان ضابط السرعة (١١) ينظّم سرعة المحرك . وكان البخار يدخل الاسطوانة ويخرج منها بواسطة زوجين من الصمامات ، وكان البخار الخارج يكثف (١٤) بواسطة نافورة ماء (١٥) . وكان الماء والهواء يفرغان بواسطة مضخة (١٦) ، ويعود الماء الى المرجل (١٨) عن طريق عوامة ضبط (٤) .

نيوكومن (١٦٦٣ - ١٧٢٩) محركا بخاريا (١) يمكن استعماله لضخ الماء . كان المحرك في غاية البساطة ، وكان باستطاعة الحرفيين المحليين صنعه باستثناء بعض القطع القليلة منه ، لكنه كان يستهلك الكثير من الوقود ، اذ كان لا بد من تبريد الاسطوانة بعد كل ضربة ، لذلك لم يكن يستعمل الا في مناجم الفحم حيث كان الوقود متوافرا .

في المحرك الذي اخترعه جيمس واط (١٧٣٦ - ١٨١٩) عام ١٧٦٩ (٢) فصلت اجزاء التبريد عن اجزاء التسخين في دورة الشغل ، فحيل هكذا دون فقد الطاقة الناجم عن وجودهما معا في الاسطوانة ، فوفر ذلك ثلثي استهلاك الوقود ، وكانت النتيجة انه اصبح بالامكان استعمال محرك واط حتى في الاماكن التي كان الوقود فيها نادرا وغالي الثمن .

٢

١ - الموقد وباب النار
٢ - المرجل
٣ - الماء
٤ - عوّامة الضبط
٥ - انبوب البخار
٦ - اسطوانة المحرك
٧ - الكبّاس
٨ - صمام البخار
٩ - صندوق الصمام العلوي
١٠ - صندوق الصمام السفلي
١١ - الضابط
١٢ - ادارة الضابط
١٣ - خزّان ماء التكثيف
١٤ - المكثف
١٥ - تدفق الماء البارد
١٦ - مضخة الهواء
١٧ - خزّان مياه التغذية
١٩ - مضخة مياه التغذية
١٩ - انبوب مياه التغذية
٢٠ - تغذية بماء التكثيف
٢١ - ذراع الكبّاس
٢٢ - حركة متوازية
٢٣ - عارضة المحرّك
٢٤ - ذراع التوصيل
٢٥ - دولاب كوكبيّ الدوران
٢٦ - الدولاب الرئيسي
٢٧ - حذافة مسنّنة
٢٨ - دولاب القيادة المسنّن



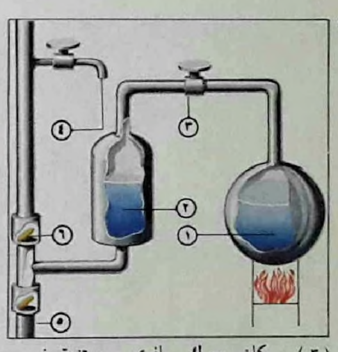
ساعد ايضا محرك واط على تطوير صناعة الحديد ، وذلك بجعله حديد الزهر متوافرا وواسع الانتشار في بريطانيا . وفي منتصف القرن التاسع عشر ، طورت المحركات البخارية الافقية والعمودية بحيث اصبحت آلات قوية لا سيما في مصانع النسيج .

ظهر الاثر الكبير الآخر ، الذي احدثته الطاقة البخارية ، في وسائل النقل . فالقاطرات البخارية التي اخترعها رتشرد تريفيثيك (١٧٧١ ـ ١٨٣٣) (٤) ادت الى بناء شبكات من السكك الحديدية كان النقل فيها اسرع من النقل في القنوات المائية واقل منه كلفة . كذلك وفرت السفن البخارية عدة ايام من الوقت الذي كان يستغرقه السفر عبر المحيطات وتحررت من تقلبات الرياح والطقس .

كان التقدم الاخر في ميدان

٤

٣

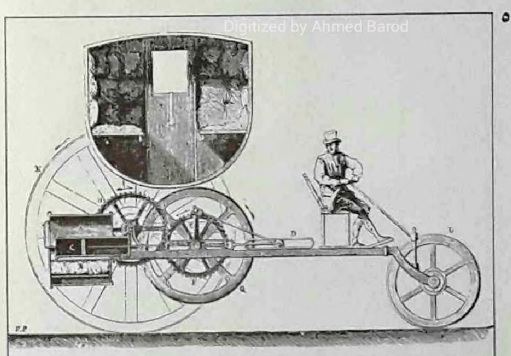


(٣) ـ كان محرك سافري البخاري (١٦٩٦) اول محرك يجمع بين ضغط البخار والفراغ الناتج عن تكثيفه لتسيير محرك بصورة متواصلة . يأتي البخار من المرجل (١) الى الوعاء (٢) ومن ثم تغلق الحنفية (٣) . يحصل الفراغ في الوعاء (٢) على اثر رش الماء البارد عليه من الحنفية (٤) . وهذا الفراغ يسبب صعود الماء عبر الصمام (٥) . وعندما ينتقل البخار ثانية الى الوعاء (٢) ، يضغط على الماء فيخرج عبر الصمام (٦) صاعدا الى اعلى .

---

(٤) ـ كان ريتشرد تريفيثيك اول من استخدم البخار تحت ضغط قوي للحصول على طاقة مرتفعة في محركات صغيرة كذلك استغنى عن المكثف ، مخففا بذلك الوزن ، كما حقق اقتصادا ملحوظا في الوقود بوضعه الموقد في داخل جدار المرجل واستخدامه البخار المنفلت لتسخين الماء قبل دخوله الى المرجل . من هنا لم تبق الا خطوة واحدة لتركيب المحرك بكامله على عجلات تجري على خطوط حديدية . وقد اثبتت هذه القاطرة (التي ترى هنا) امكانية اختراع القطار الحديدي منذ عام ١٨٠٣ . كانت الاسطوانة الافقية الوحيدة موضوعة داخل المرجل . وكانت عجلة تنظيم السرعة تحرك الجذعين بواسطة عجلات مسننة .

٥



(٥) ـ كانت كثير من التصاميم البدائية تستخدم المحركات البخارية في عربات سير على الطرقات ، على اعتبار هذه العربات آلات قابلة للتوجيه . كان على جميع التصاميم ان تحل مشكلة تحويل المحركات البخارية ذات الحركة الترددية الى محركات ذات حركة رحوية لتسيير العربات .

القوة البخارية اختراع العنفة البخارية على يد تشالز برسون (١٨٥٤ - ١٩٣١) عام ١٨٨٤ . من حسنات هذه العنفة ان مردودها كان يقوم به جذع دوّار عوضا عن حركة الذهاب والاياب الخاصة بالمحركات البخارية الاولى ، وبذلك لم يعد ثمة من حاجة الى الترابطات الميكانيكية المعقدة التي كانت تقتضيها اذرع التوصيل ومحاور المرفق والاقراص اللامركزية . وفي خلال ٢٠ سنة ، كانت عنفات برسون البالغة قوتها ٧٠٠٠٠ حصان بخاري تسيّر البواخر عبر المحيط الاطلسي بسرعة تبلغ ٤٥ كلم / س (حوالى ٢٥ عقدة).

مبادىء المحرك البخاري

كل محرك بخاري يحوّل الطاقة الحرارية المخزّنة في البخار الى قوة يمكن استخدامها . ينجم البخار عن الماء المسخّن والمنتقل من الحالة السائلة الى الحالة الغازية . فاذا حصلت هذه العملية في وعاء مقفل (مرجل) وزيدت كمية الحرارة ، ارتفع الضغط في المرجل . من الممكن استخدام الحرارة من اي مصدر كان ، من الوقود او الشمس او المفاعلات النووية . في المحرك البخاري التقليدي ، يدفع ضغط البخار مكبسا متصلا بقضيب ارتباط اتصالا يجعل حركته تدير ساعدا . اما في العنفة ، فيمر البخار عبر نفاثات ويدفع ريشات عجلة العنفة ويجعلها تدور .

هذه العملية قابلة للانعكاس . فاذا ما برد البخار في مكثّف ، يتحول الى ماء ، واذا تمّت العملية في اناء مغلق ، يحدث نقصان الحجم بعض الفراغ الذي يمكن استخدامه للحصول على طاقة اضافية . عرف هذا المبدأن مائة سنة تقريبا قبل ان جمعهما معا توما سافري (١٦٥٠ - ١٧١٥) عام ١٦٩٦ لاختراع آلة لضخ الماء (٣) .

يسبب تكثّف البخار خلال استعماله في دورة الشغل خسارة في الطاقة . لذلك كانت المحركات البخارية تصمم لرفع البخار الى اعلى درجة ممكنة من الحرارة ، وتخفيف تكثّفه خلال الدورة الى الحد الادنى ، وجعله يتمدد حتى خروجه وهو على ادنى درجة ممكنة من الحرارة ، وكل ذلك لاستخراج اكبر كمية ممكنة من الطاقة الحرارية التي ينتجها البخار .

توفير الوقود

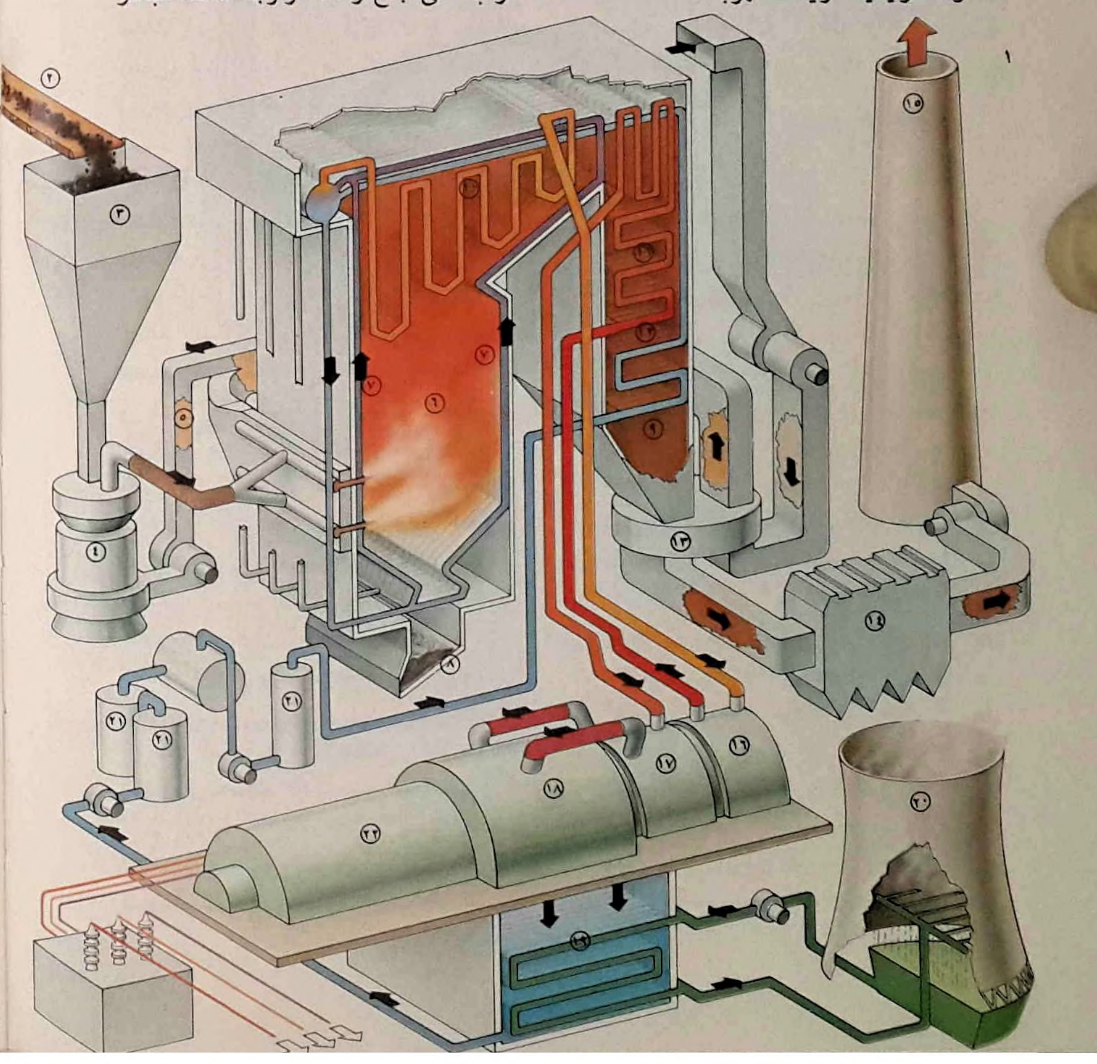
هناك طرائق اخرى للحصول على توفير في الحرارة . فمن المعروف ان حرارة الماء الذي يمد به المرجل يجب ان تبلغ درجة الغليان كي يتحول الى بخار . لذلك غدت اية وسيلة لتسخين الماء قبل وصوله الى المرجل تؤدي الى اقتصاد في الوقود . ولهذه العملية طريقتان ، طريقة الجهاز المدعو « موفّرا » ، وهو مجموعة من الانابيب التي تخترق الغازات الحارة المنطلقة من المرجل فترفع حرارة الماء الواصل الى المرجل الى ٩٣° س . لكن المحطات الحديثة لتوليد الطاقة ، التي تبلغ حرارة التبخر فيها ٣٧٠° س ، تحتاج الى مزيد من التسخين المسبّق ، فيسخّن الماء الذي يغذي المرجل بواسطة بخار يصله من نقاط مختلفة على طول الجهاز العنفي بعد ان يكون ذلك البخار قد أمّن الطاقة للعنفات الرئيسية . ويسمى هذا النظام التسخين المرحلي ، وهو اقل كلفة من اية وسيلة اخرى .

الطاقة البخارية

الطاقة البخارية هي التي احدثت الثورة الصناعية ، مع ذلك نكاد لا نرى اليوم محركا بخاريا واحدا . لكن البخار لا يزال القوة المحركة الرئيسية لتوليد الكهرباء .

المحطات الحديثة لتوليد الطاقة

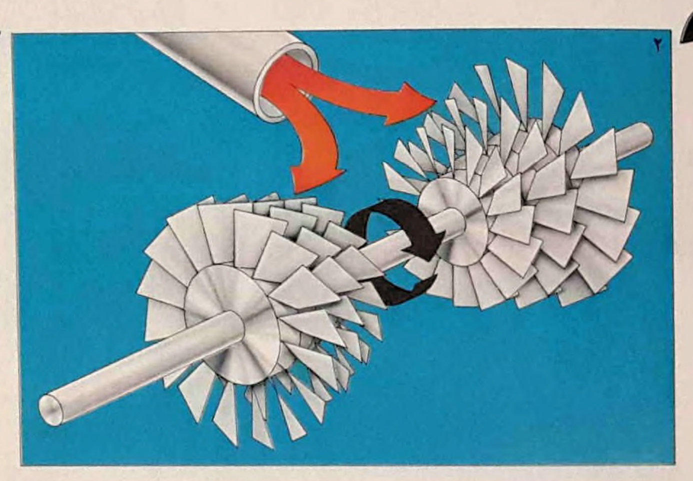
تستخدم المحطات الحديثة لتوليد الطاقة الحرارية الحرارة الناتجة عن احتراق الفحم الحجري او النفط او عن مفاعل نووي ، وذلك لغلي الماء الساري في انابيب مرجل لانتاج بخار تحت ضغط عال (١) . يجري هذا البخار بعدئذ في انابيب الى عنفة بخارية تتألف من سلسلة من ارياش شبه مروحية مركبة على جذع واحد ، وتوجه منافث البخار



نحو الارياش فتدير العنفة . عندئذ يحوّل مولّد مركب على طرف جذع العنفة حركة هذا الجذع الدائرية الى طاقة كهربائية .

كل من عناصر محطات توليد الطاقة الثلاثة ـ المرجل والعنفة والمولدات ـ قد طور تطويرا كبيرا لانتاج اكثر الآلات فعالية . نتيجة لذلك ، زاد مردود انتاج الكهرباء ، أي النسبة بين الطاقة الحرارية المولّدة للكهرباء (الدخل) والطاقة الكهربائية المتوفرة (الخرج) من حوالى ٥٪ عام ١٩٠٠ الى ما يقرب من ٤٠٪ عام ١٩٧٥ . بتعبير آخر ، لولا هذه الزيادة في الفعالية ، كان على محطة توليد الطاقة ان تستهلك ثمانية اضعاف الوقود لانتاج كمية الكهرباء ذاتها .

يحرق مرجل في محطة نموذجية كبيرة لتوليد الطاقة معدل ٢٠٠ طن من مسحوق الفحم الحجري في الساعة . تنقل هذا الفحم الى المعمل حافلات سكة حديدية وتفرغه





(١) ـ تحول المحطات الحديثة لتوليد الطاقة طاقة الفحم الحجري الحرارية الى كهرباء . ينقل الفحم (١) المفرغ من حافلة سكة حديدية بواسطة حزام ناقل (٢) الى مخزن المرجل (٣) . تسحن الطاحون (٤) الفحم فيمزج مع الهواء الساخن (٥) ويذر في الفرن (٦) فيحترق كما يحترق الغاز فيغلي الماء الجاري في الانابيب (٧) التي منها تتكوّن جدران المرجل . يسقط الرماد (٨) الناتج عن احتراق الفحم في حفرة . وتسير اخيرا الغازات (٩) بعد تسخينها للبخار في المسخن الفوقي (١٠) والمسخن البيني (١١) وبعد تسخينها مسبقا لماء تغذية المرجل في الموفّر (١٢) فتصل الى حوض الترسب (١٤) عبر مسخّن الهواء (١٣) ثم الى المدخنة (١٥) . ينتقل البخار الشديد الحرارة اولا الى عنفة الضغط العالي (١٦) ثم عن طريق المسخن البيني (١١) الى عنفة الضغط المتوسط (١٧) واخيرا الى عنفة الضغط المنخفض (١٨) . يتحول بخار الانفلات من جديد الى ماء في مكثف (١٩) مستخدما الماء المبرد في برج التبريد (٢٠) . يعود الماء عبر المسخنات (٢١) والموفر (١٢) الى المرجل . يكون جذع خرج العنفة متصلا مباشرة بأحد المولدات (٢٢) .

(٢) ـ العنفة ذات الضغط المنخفض الظاهرة في هذا الرسم تبين كيف يقوم ضغط الغاز بادارة الريش . في هذا الرسم عنفتان متماثلتان مركبتان على عمود واحد بغية زيادة الفعالية . ان الريش الوسطى ، التي تتعرض لضغط اكثر من سواها ، هي اصغر حجما من الريش الموجودة على الاطراف ، والتي تتعرض لأقل مقدار من الضغط .

(٣) ـ تحتوي ردهة العنفات في المحطات الكهربائية الحديثة على مجموعة من الآلات الثقيلة والانابيب العازلة التي تنقل البخار بين مختلف العنفات . تتيح المقاصير والممرات الضيقة للمهندسين ان يقوموا بصيانة الآلات ومعاينتها . ومن المحتمل ان تكون المراجل المولّدة للضغط مركّبة في طابق تحت الطابق الظاهر في الصورة .

في مستودعات كبيرة ينقل منها الى المرجل على ناقلة خاصة. هناك يزان ويسحق ليصبح ناعما كالدقيق ثم يمزج بالهواء وتذره مراوح في فرن المرجل عن طريق اقنية معدنية حيث يحترق بعنف.

انتاج البخار

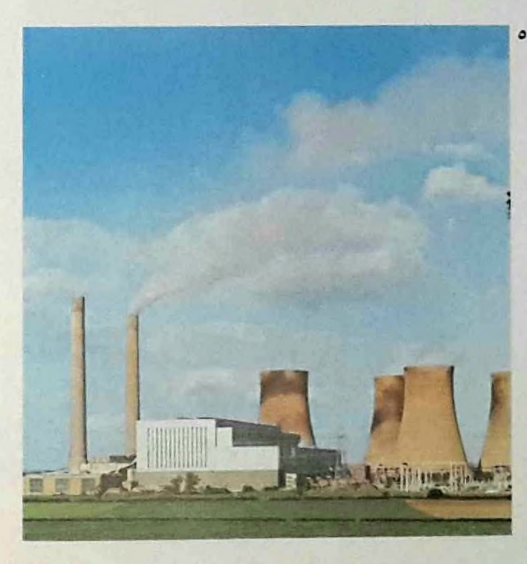
يتألف المرجل من بنية عالية شبيهة بالمدخنة مجهزة بانابيب عمودية تمدها بالماء. تحمل الحرارة الناتجة عن احتراق مزيج من الفحم الحجري والهواء الماء على الغليان فيتولد البخار. يتجمع البخار اولا في دارة، ثم ينتقل عبر اكثر جزء من المرجل حماوة الى مجموعة اخرى من الانابيب تزيد من ارتفاع حرارته.

من المسخّن الفوقي ينتقل البخار مباشرة الى العنفات (٤). ينقل البخار اولا الى عنفة عالية الضغط حيث يمر في حلقة ذات

٤ مولّد كهربائيّ — عنفة منخفضة الضغط — عنفة متوسّطة الضغط — عنفة عالية الضغط

(٤) - تقوم العنفات والمولدات بتحويل الحركة الدائرية الناتجة عن قوة البخار الى كهرباء. وللحصول على أقصى مقدار ممكن من الطاقة من تيار ساخن للبخار، يصار عادة الى بناء عدة مراحل من العنفات، قد يصل عددها الى خمسة في محطات الكهرباء الضخمة، بحيث تقوم كل عنفة باستخدام بخار تحت ضغط أقل من الضغط المستخدم في العنفة السابقة لها. عندما يحمّى البخار الى درجة مرتفعة (٦٠٠ درجة مئوية) فانه يطلق مقدارا عاليا من الطاقة في العنفة ذات الضغط العالي. ويصار الى اعادة تحمية البخار المتبقي من هذه المرحلة مرة أخرى ثم يمرر عبر عنفة ذات ضغط متوسط، وبعد ذلك عبر عنفة ذات ضغط منخفض. يقوم عمود الانتاج بدفع المولّد.

٥



أشفار ثابتة تقوم بدور منافث لتوجيه البخار المندفع الى اشفار دوارة. عند مرور البخار في العنفة، تدور كما تدور الطاحون الهوائية بفعل النسيم. بعد مرور البخار في العنفة العالية الضغط مباشرة يعاد الى المرجل لتسخينه من جديد. بعد ذلك يمر في عنفات متوسطة الضغط ومنخفضة الضغط (٢) فيفقد من طاقته شيئا فشيئا ويولد المزيد من قوة الدوران.

اخيرا بعد ان يستنفد البخار اكثر طاقته، يتحول من جديد الى ماء في مكثف هو كناية عن وعاء كبير فيه انابيب للتبريد تأتي بالماء البارد من نهر او من مصب قريب. يمتص ماء التبريد ما تبقى من الحرارة في البخار فيسخن ويوجه الى المرجل لاعادة تسخينه. يحدث التكثيف فراغا في المكثف فيمكّن من استثمار المزيد من طاقة البخار.

يدور جذع العنفة بسرعة تحدد بالنسبة الى تردد التيار المولد. في بريطانيا وفي كثير من البلدان الاوربية تبلغ هذه السرعة ٣٠٠٠ دورة في الدقيقة (٥٠ دورة في الثانية)، وهذا ما يتوافق مع انتاج تيار متناوب من ٥٠ هرتزا او دورة في الثانية.

يتألف المولد الكهربائي من ملفين كهربائيين (٤)، احدهما مركب على جذع العنفة ويدور معه فيسمى العضو الدوار، والثاني يغلف العنفة كدرع لها وهو مثبت في الارض فيسمى العضو الساكن. الدوران النسبي للعضو الدوار والعضو الساكن هو ما يولّد الكهرباء.

المولدات والمردود

كي يؤدي المولّد دوره على احسن وجه، لا بد من تبريده باستمرار. في وقت ما استعمل التبريد الطبيعي او القسري بواسطة مراوح هوائية. ولكن منذ اوائل الخمسينات، استعمل الهيدروجين لأنه اكثر فعالية بكثير. يعمل العضو الدوار والعضو الساكن في جو من الهيدروجين من شأنه ان يزيل الحرارة. في احدث نماذج العنفات تصنع ملفات العضو الدوار من انابيب نحاسية جوفاء يجري فيها الهيدروجين، فيما تبرّد ملفات العضو الساكن افراديا بواسطة انابيب مليئة بالهيدروجين. بفضل هذا التبريد «المباشر»، او «الداخلي» كما يسمونه، يصبح من الممكن مضاعفة مردود المولّد.

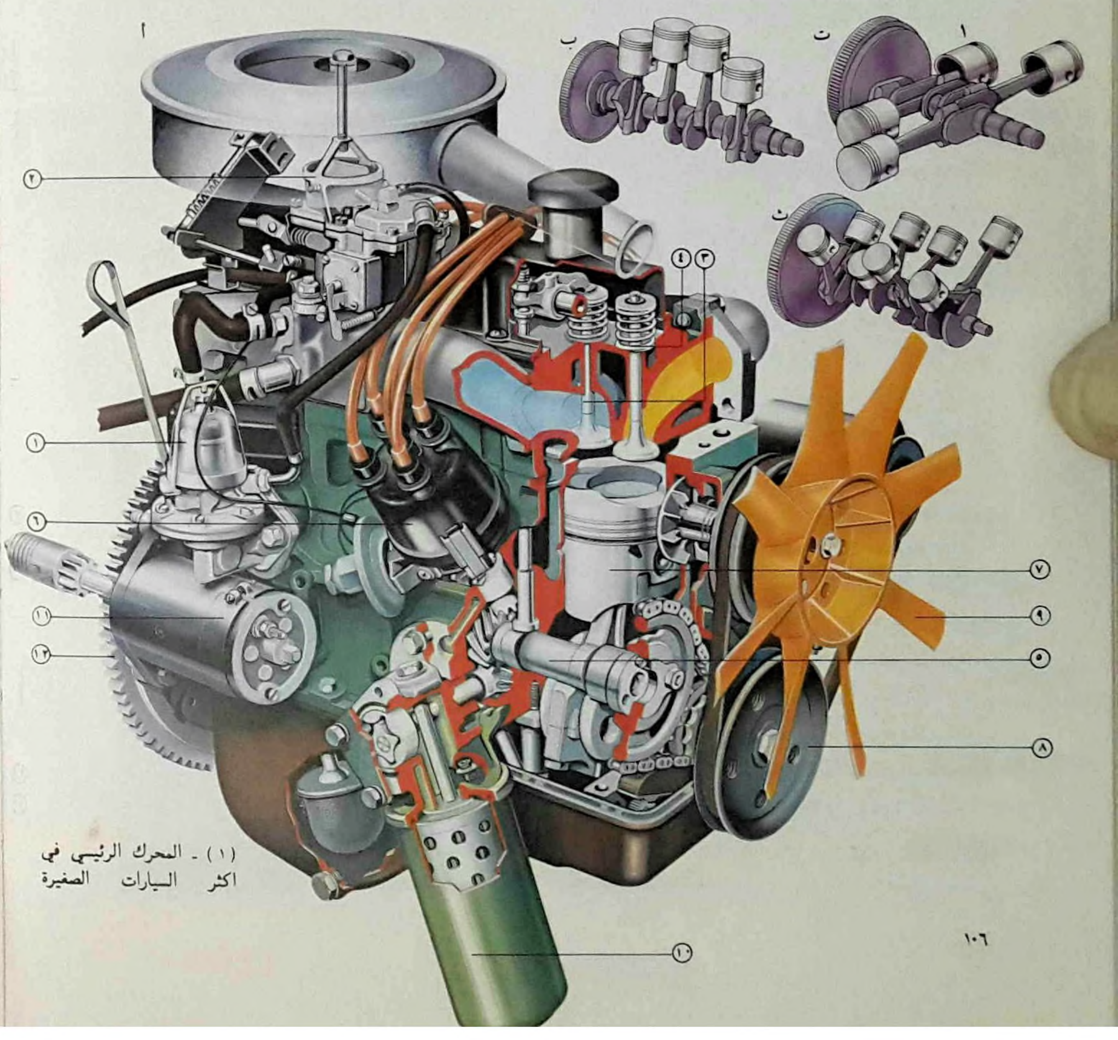
ينتج المولد تيارا يبلغ حوالى ٢٥٠٠٠ فلط. لا تتطلب اكثر الحاجات المنزلية سوى ٢٢٠ فلطا، لكن الضرورات الاقتصادية تقتضي نقل الكهرباء على مسافات بعيدة بفلطية عالية جدا. فالمرحلة الاولى من مراحل التوزيع اذن تقتضي رفع الفلطية الى (٢٧٥٠٠٠ او ٤٠٠٠٠٠ فلط في بريطانيا) بواسطة محوّلات كي يستطيع التيار امداد الشبكة الوطنية الرابطة بين جميع مولدات البلد.

يساعد الربط بين محطات التوليد على تشغيل الشبكة بكاملها باقل الطرق كلفة. تضعف فعالية مولد ضخم عندما يعمل جزئيا. فمن الافضل اذن، بدلا من تخفيض انتاجه ليتناسب مع الطلب، ايقافه كليا واستخدام التيار من محطة اخرى تعمل بكل كفايتها. تضع شركات الكهرباء لائحة باولويات تكون في رأسها اقل المحطات كلفة لتعيين المحطة التي يجب تشغيلها عندما يخف الطلب، وهذا ما يمكّنها من تشغيل دائم لأقل المحطات كلفة.

المحركات ذات الاحتراق الداخلي

في الآلة البخارية التقليدية ، وحتى في العنفات البخارية الحديثة ، يحرق الوقود خارج المحرك لتسخين الماء وانتاج البخار الذي يقوم بادارة المحرك . لكن حرق الوقود في داخل المحرك ، بحيث تقوم الغازات التي تتمدد بفعل ذلك الاحتراق بدفع كباس او عنفة ، يظل اكثر فعالية .

كان أول محرك ذي احتراق داخلي يدور على البنزين (٥) من صنع المهندس الالماني نيكولاوس اوغست اوتو (١٨٣٢ - ١٨٩١) . كان هذا المحرك ، الذي جرت تجربته في باريس عام ١٨٦٧ ، كبيرا وكثير الضجيج وقليل الفعالية ، لكنه اصبح سلف ٩٩ ٪ من جميع المحركات الحالية .

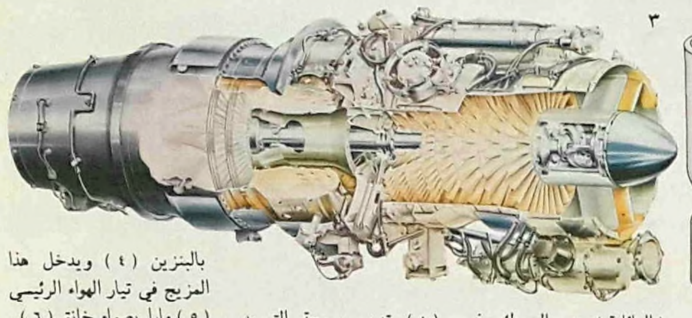


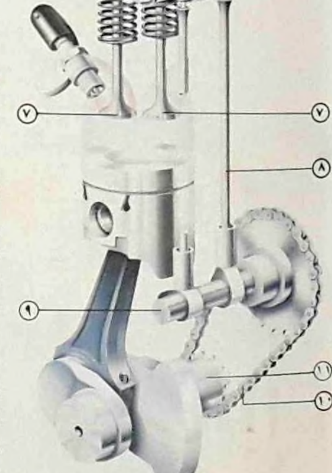
(١) - المحرك الرئيسي في اكثر السيارات الصغيرة

الدورة الرباعية الاشواط

بعد مرور تسع سنوات على ذلك ، صمم اوتو محركا آخر بدورة رباعية الاشواط . كان التقدم الحاسم في هذا المحرك هو في انضغاط الغاز قبل احتراقه مما ادى الى المزيد من الفعالية والى توفير ملحوظ في استهلاك الوقود . يمر المحرك باربعة اشواط للحصول على شوط واحد مولد للقوة ، لذا عرف هذا النظام بالدورة الرباعية الاشواط . وهو الى حد بعيد اكثر المحركات المستعملة اليوم شيوعا . الاشواط الاربعة هي ، شوط السحب حيث تقوم حركة الكباس النازلة بادخال مزيج من الهواء والوقود ، وشوط الضغط حيث تقوم حركة الكباس الصاعدة بضغط الغاز ، وشوط القوة ، وهي حركة نزول ثانية للكباس يسببها انفجار الوقود ، وشوط الاخراج حيث تقوم حركة الكباس الصاعدة بدفع الغاز المستنفذ الى خارج الاسطوانة .

أ٢





(العائلية) هو المحرك ذو الاربع اسطوانات الذي له صمامات فوقية ويدار بالبنزين (أ) . تقوم مضخة البنزين (١) بسحب الوقود من الخزان ليتبخر في المكربن (٢) ويمتزج بالهواء . يدخل هذا المزيج الى الاسطوانة من خلال صمامات الدخول (٣) التي تقفلها نوابض (٤) وتفتحها غمازات تضبطها اذرعة دفع بواسطة عمود ادارة الكامات (٥) . يمر تيار عالي التوتر من الملف الى الموزع (٦) فيقوم هذا ببثه الى الاسطوانات ، تقوم الغازات المحترقة المتمددة بشد الكباسات (٧) الى اسفل ، فتدير حركة الكباسات هذه العمود المرفقي . هناك بكرة (٨) تدير مروحة التبريد (٩) بواسطة سير . ينشر زيت التزليق حول المحرك ثم ينظفه مرشح الزيت (١٠) ينطلق المحرك بواسطة مقلع (١١) يتداخل جذعه المسنن مع الموازن المسنن (١٢) . في تصميم المحرك العادي تصف الاسطوانات اما بخط مستقيم (ب) ، أو عرضيا (ت) بحيث يقابل زوج منها الزوج الآخر (ث) أو بصفين من ٤ اسطوانات منحنيين لتشكيل زاوية .

---

(٢) - في المكربن (أ) يدخل البنزين حجرة الطفو (١) ينظمه صمام ابري (٢) . يختلط جزء من الهواء الحار بمصراع الهواء (٣) بالبنزين (٤) ويدخل هذا المزيج في تيار الهواء الرئيسي (٥) مارا بصمام خانق (٦) . أما في المحرك ذي الصمامات الفوقية (ب) ، فتقوم اذرع دفع (٨) بدفع الصمامات (٧) . وتتحرك هذه الأذرع بواسطة كامات في عمود ادارة الكامات (٩) الذي تديره سلسلة (١٠) موصولة بالعمود المرفقي (١١) .

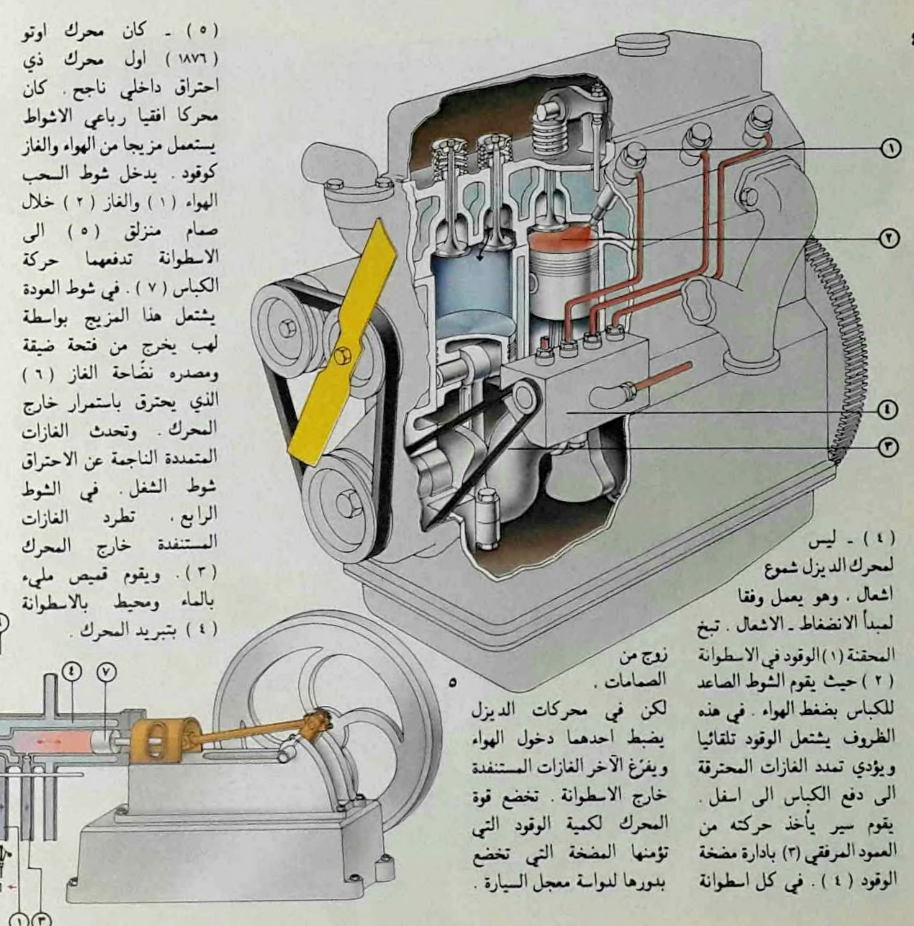
---

(٣) - تستعمل العنفات الغازية ، على غرار هذا المحرك العنفي النفاث من طراز فايبر الغازات الحارة الناجمة عن احتراق الوقود لتدير مجموعة من الريش الموجودة في مؤخرة المحرك . تقوم ريش اخرى مثبتة على الجذع ذاته ولكن في مقدمة المحرك بضغط الهواء الداخل . يولد هذا المحرك قوة دفع مقدارها ٢٠٠٠ كجم .

في المحرك ذي الاربعة اشواط ، يدخل الوقود والغاز المستنفد ويخرجان من خلال نظام معقد من صمامات يضبطها آليا عمود ادارة الكامات الذي يحركه العمود المرفقي مباشرة . عندما يكون المحرك دائرا ، تنفتح الصمامات وتنغلق بالتعاقب .

يجب ايضا ان تضبط بدقة برهة اشتعال الوقود . يتم ذلك بواسطة موزع متصل آليا بالعمود المرفقي الذي يبث تيارا كهربائيا الى كل من الاسطوانات بالتعاقب . يحدث هذا التيار شرارة في شمعة الاشتعال فيشتعل الوقود .

كان محرك اوتو يدور بغاز الفحم الحجري ، وهو وقود ممتاز ، لكنه كان صعب التخزين . اما المحرك ذي الاحتراق الداخلي ، فقد احرز تقدما ملموسا باستعمال الوقود السائل كالبنزين الناتج عن تكرير النفط الخام .



(٤) - ليس لمحرك الديزل شموع اشعال ، وهو يعمل وفقا لمبدأ الانضغاط - الاشعال . تبخ المحقنة (١) الوقود في الاسطوانة (٢) حيث يقوم الشوط الصاعد للكباس بضغط الهواء . في هذه الظروف يشتعل الوقود تلقائيا ويؤدي تمدد الغازات المحترقة الى دفع الكباس الى اسفل . يقوم سير يأخذ حركته من العمود المرفقي (٣) بادارة مضخة الوقود (٤) . في كل اسطوانة زوج من الصمامات . لكن في محركات الديزل يضبط احدهما دخول الهواء ويفرّغ الآخر الغازات المستنفدة خارج الاسطوانة . تخضع قوة المحرك لكمية الوقود التي تؤمنها المضخة التي تخضع بدورها لدواسة معجل السيارة .

(٥) - كان محرك اوتو (١٨٧٦) اول محرك ذي احتراق داخلي ناجح . كان محركا افقيا رباعي الاشواط يستعمل مزيجا من الهواء والغاز كوقود . يدخل شوط السحب الهواء (١) والغاز (٢) خلال صمام منزلق (٥) الى الاسطوانة تدفعهما حركة الكباس (٧) . في شوط العودة يشتعل هذا المزيج بواسطة لهب يخرج من فتحة ضيقة ومصدره نضّاحة الغاز (٦) الذي يحترق باستمرار خارج المحرك . وتحدث الغازات المتمددة الناجمة عن الاحتراق شوط الشغل . في الشوط الرابع ، تطرد الغازات المستنفدة خارج المحرك (٣) . ويقوم قميص مليء بالماء ومحيط بالاسطوانة (٤) بتبريد المحرك .

بعكس المحركات البخارية ، لا تنتج المحركات ذات الاحتراق الداخلي قوة كبيرة عندما تكون سرعة دورانها بطيئة . فالاسطوانات صغيرة ، وكل شوط من الاحتراق ينتج قوة ضعيفة نسبيا . وللحصول على كمية كافية من الشغل في هذا النوع من المحركات ، لا بد من ادارتها بسرعة للحصول على الحد الاقصى من اشواط الاشتعال في كل ثانية . فمحركات السيارات تنتج قوتها القصوى عند سرعة ٥٠٠٠ دورة في الدقيقة او اكثر . يتحدد الحد الاقصى للسرعة بمقدار العطب والتفسخ الذي يصيب المحرك من جراء اهتزاز الكباسات والصمامات . تستطيع المحركات المصنوعة بدقة ، والتي روعي في صنعها التوازن والنعومة ، أن تبلغ المزيد من القوة عندما تدور بسرعة تصل الى ١٢٠٠٠ دورة في الدقيقة وما فوق .

محركات الديزل الاقتصادية

يستغني المحرك بالاشتعال الانضغاطي ، الذي صممه سنة ١٨٩٦ الالماني رودولف ديزل (١٨٥٨ - ١٩١٣) ، عن المكربن وشموع الاشتعال الموجودة في المحرك العامل بالبنزين . يتكون الغاز داخل الاسطوانة في شوط الضغط من الهواء الصرف وينضغط الى ما بين ١/١٤ و ١/٣٠ من حجمه الاصلي ، وهذا الانضغاط يفوق كثيرا الانضغاط الذي يحصل في المحركات التي تعمل بالبنزين . عندما يبلغ شوط الضغط اعلى درجات الضغط ، يضخ رذاذ من الوقود الزيتي في داخل الاسطوانة .

محرك ديزل هو اكثر فعالية من المحرك الذي يدار بالبنزين ، وذلك نظرا لنسبة انضغاطه المرتفعة . ولكنه يتطلب ، للسبب ذاته ، بنية ثقيلة ، وهذا يلغي بعض ميزاته الى حد ما . توفر محركات ديزل من استهلاك الوقود على حساب خسارة في الاداء . لذلك كانت صالحة للمهمات التي تتطلب توقفا واقلاعا متواصلين . نتيجة لذلك نراها واسعة الاستعمال في سيارات الاجرة والحافلات والشاحنات .

العنفة الغازية القوية

صممت العنفة الغازية ، وهي نوع من المحركات مختلف تماما عن المحركات السابقة ، في اوائل القرن العشرين ، واكتمل تصميمها في الثلاثينات . تحتوي عادة على جذع واحد يحمل سلسلة من المراوح الدافعة المقسومة الى فئتين : المراوح الضاغطة ومراوح العنفات .

عندما تكون العنفة الغازية دائرة ، تقوم المراوح الضاغطة بسحب الهواء للداخل فيزداد ضغطه . يمتزج الهواء المضغوط بالوقود ويحصل الاشتعال فيزداد ارتفاع الحرارة كما يزداد الضغط . ثم يخرج المزيج المشتعل من المحرك من خلال مروحة العنفة ليدير ريش المروحة . تستهلك المراوح الضاغطة قسما كبيرا من القوة ، وكثيرا ما تقوم العنفة بادارتها مباشرة ، لكن القوة المتبقية في العنفة الغازية كافية لجعل هذه الآلة محركا قويا جدا . فعالية العنفة ليست عالية ، لكن نسبة القوة الى الوزن تعتبر جيدة ، وهذا ما يجعل العنفات الغازية صالحة لدفع الطائرات . فقوة العنفة الغازية تعادل ثلاثة اضعاف قوة محرك بكباس يساويها في الوزن .

الطاقة الهوائيّة والمائيّة

كانت الطاحونة الهوائية والدواليب المائية (النواعير) (١) من اقدم مصادر الطاقة. وكانت النواعير تستخدم في روما عام ٧٠ ق. م. لطحن الذرة. بينما ظهرت الطاحونة الهوائية في بلاد فارس عام ٦٤٤ م. والدواليب المائية الحديثة، بشكل عنفة كهرمائية، تفوقهما اهمية لكن استخدام الهواء كمصدر للطاقة يبدو اليوم آخذا بالتجدد.

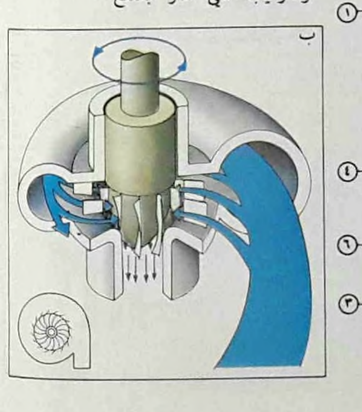
من الدولاب المائي الى العنفة

تقوم الدواليب المائية والعنفة بتحويل طاقة الماء الجاري الى حركة رحوية (٤). كانت الطواحين المائية القديمة مبنية على مبدأ الدفع السفلي الذي كان فيه النصف

(١) - تستخدم محطة كهرمائية (أ) ذات ضخ رافع عنفات الكهرباء في اوقات الاستهلاك القصوى ثم تضخ الماء في حوض اعلى عندما يكون الطلب منخفضا. تقوم عنفة مائية ارتكاسية (١) بادارة مولد كهربائي (٢) وعندما تكون مضخات الطرد المركزي (٣) غير مقرونة تعمل الآلة كمولد كهرمائي عادي. وعندما تكون مجموعة المسننات مقرونة (٤). تقوم العنفة المائية بادارة المضخة لتصل الى السرعة العملية. عندئذ يوصل المولد بالتيار الكهربائي ويقوم بدور محرك. يقفل صمام العنفة (٥) ويفتح صمام المضخة (٦) ويضخ الماء الى ما وراء السد، ليزيد في كمية الماء المخزون للتوليد الكهرمائي في ما بعد. العنفات المائية الشائعة الاستعمال على ثلاثة انواع، فلعنفة فرنسيس الارتكاسية (ب) ريش ثابتة قابلة للتعديل تحول مجرى الماء بحيث يضرب ريش الدوّارة العنفة بطريقة تماسية يخرج الماء من العنفة الى اسفل. اما في عنفة بلتون الدفعية (ت)، فيمر الماء من خلال انبوب ويصطدم بريش الدولاب القادوسية الشكل، وينعكس اتجاه مجرى الماء. اما في عنفة كبلان ذات الدفق المحوري (ث) فتشبه ريشها رفاص سفينة.

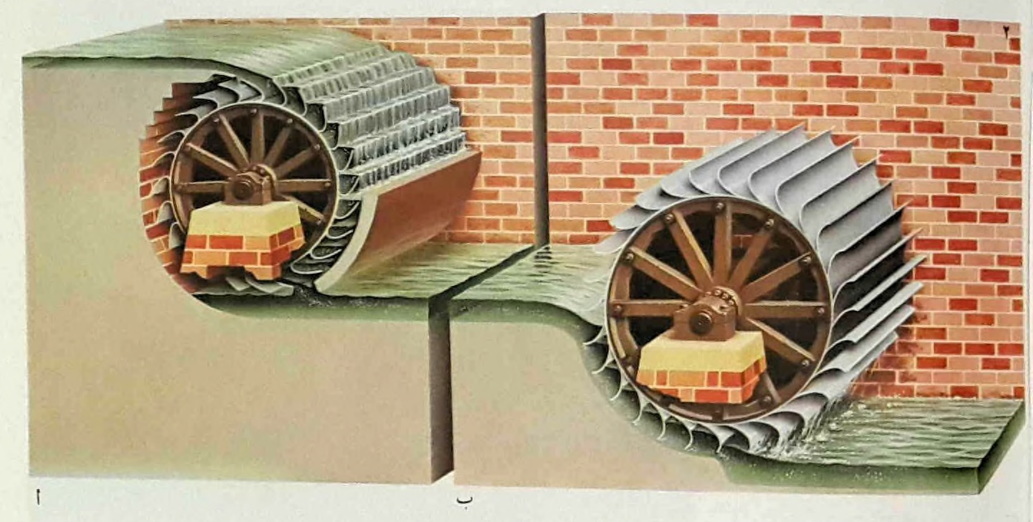
---

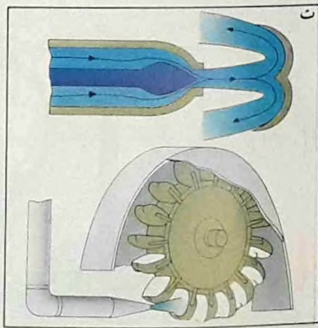
(٢) - النوعان الاساسيان للدواليب المائية هما، الدواليب التي تدار بالدفع العلوي (أ) والدواليب التي تدار بالدفع

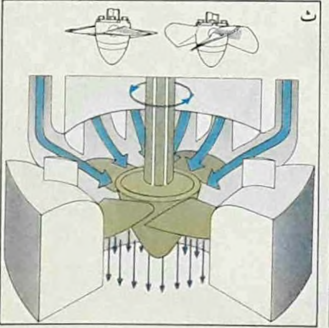


الاسفل من الدولاب مغمورا في مجرى للماء (٢) ولم يكن مردودها يتعدى ٣٠ ٪ . اما الدواليب المدارة بالدفع العلوي والتي كان تدفق الماء فيها موجها الى اعلى الدولاب ، فيبلغ مردودها من ٧٠ الى ٩٠ ٪ ، وهو مردود يشبه مردود العنفات الحديثة .

حلت العنفات محل الدواليب المائية في النصف الثاني من القرن التاسع عشر وتوجد منها ثلاثة انواع : عنفات الدفع والعنفات الارتكاسية (الرد فعلية) والعنفات ذات الدفع المحوري (١) . تحتاج العنفات الدفعية الى تيار ماء عالي الضغط فيوجه الماء عبر فوهة ، والنافورة السريعة الحركة التي تنتج عن ذلك تصطدم بقواديس على حافة الدولاب . تعمل العنفة الارتكاسية وفقا لمبدأ نافورة الحدائق الدوارة . اما العنفة ذات الدفع المحوري فمجهزة بمروحة متغيرة الخطوة في داخل انبوب كبير القطر .







السفلي (ب). في النوع الأول يصوب تيار الماء الجاري الى اعلى الدولاب الذي يدور الى الأمام (مع التيار). أما في النوع الثاني ، فتغوص اشفار الدولاب في تيار الطاحونة ويقوم مجرى الماء بادارة الدولاب في الاتجاه المعاكس للتيار . في كلا النوعين تتحول طاقة الماء الجاري الى حركة رحوية يمكن استخدامها لتشغيل آلات مختلفة كالمضخات . ويمكن ايضا تسخيرها لتشغيل مولد او مناوب لتوليد الكهرباء . والدواليب المائية تكاد تكون عديمة الضجيج .

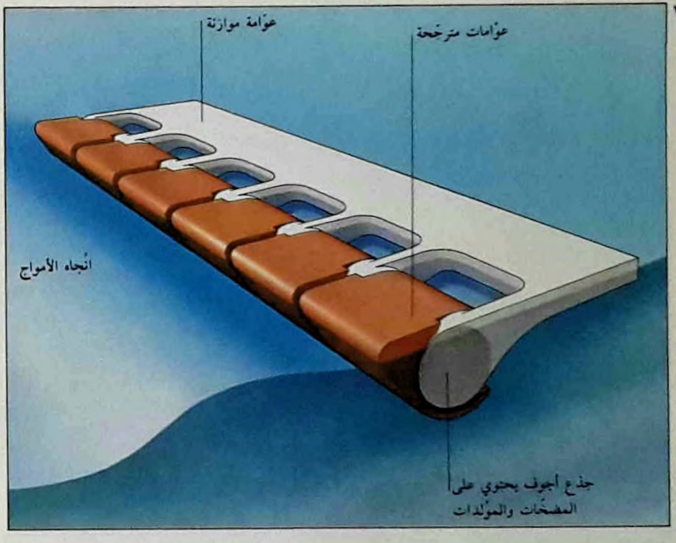
المحطات الكهرمائية وطاقة المدوالجزر

تستعمل غالبية العنفات لاستغلال جريان المياه التي تكون مخزونة وراء سد في المناطق الجبلية. تقوم هذه العنفات بادارة مولدات كهربائية. وفي البلدان الجبلية، تؤمن هذه المحطات طاقة زهيدة الثمن وخالية من التلوث.

ما تزال قدرة هائلة من هذه الطاقة المائية غير مستغلة بعد. فباستطاعة نهر فريزر في كندا مثلا ان يولد ٨٧٠٠ ميغاواط من الطاقة الكهربائية ويستطيع نهر براهما بوترا في الهند توليد ٢٠٠٠٠ ميغاواط. من الطاقة الكهربائية وتستطيع شبكة نهري ينيسي وانغارا في الاتحاد السوفييتي، المزودة حاليا بتجهيزات طاقتها ١١٠٠٠ ميغاواط، ان تولد ٥٣٠٠٠ ميغاواط من الطاقة الاضافية.

يمكن ايضا استخدام العنفات المائية لتوليد الطاقة من حركات المد والجزر (٣).

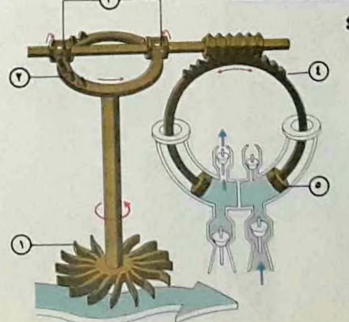
٣



(٣) ـ امواج البحر مصدر قوي للطاقة لم يستخدم بعد على نطاق واسع. عندما تقطع الموجة نقطة معينة لا يتحرك الماء جانبيا بل يستمر بالاتجاه ذاته الى اعلى اولا ثم الى اسفل. وهنا يمكن التثبت منه عند مراقبة قطعة فلين او اي جسم خفيف آخر طاف على سطح بركة. فعندما تمر المويجات لا تندفع الى الامام بل ترتفع وتنخفض. الحواجز المتأرجحة التي ترى في الصورة مصممة لتسخير قوة الامواج وتوليد الكهرباء. قد يصل طول الحاجز الى حوالى ٣٠٠ م، وهو طول ناقلة نفط جبارة. تقوم حركة الحاجز بتشغيل مضخات يدير الماء الجاري منها مولدات كهربائية.

(٤) ـ عنفة بسيطة من القرن السادس عشر يستخدم قوة الماء الجاري لتشغيل مضخة للري. كان دوران العنفة (١) يدير دولابا (٢) مسننا على نصف قطره. وكانت العجلة المسننة (٣) تدور بالتناوب في اتجاهين متعاكسين فتجعل دولاب المضخة (٤) يتأرجح. وكانت صمامات ذاتية الفعل تدفع المكابس (٥) الى ادخال الماء في اسطوانة في حين تفرغه من الاسطوانة الأخرى.

٤



والمحطة الوحيدة من هذا النوع التي تنتج الكهرباء موجودة في مصب نهر رانس في خليج سان مالو في شمالي فرنسا . ومدى تقدم المد وانحسار الجزر يختلف اختلافا كبيرا من مكان الى آخر ، اذ لا يتعدى ٢ سم في تاهيتي بينما يبلغ ١٥ م في خليج فندي بشرقي كندا . والاماكن التي يكون فيها المد والجزر قويين هي التي تصلح لاستغلالها في توليد الكهرباء .

لكن اوقات المد والجزر لا تأتي دائما في الاوقات التي يرتفع فيها الطلب على الكهرباء الى اقصاه . فقد تصل المحطة التي تستخدم طاقة المد والجزر الى اقصى طاقتها عند منتصف الليل عندما تكون الحاجة الى التيار الكهربائي في ادناها . احدى وسائل هذه المشكلة تقوم على بناء حوضين : حوض اعلى يمتلىء عند المد وحوض ادنى يفرَّغ عند الجزر ، وهذا ما يؤمن المحافظة باستمرار على الفرق بين المستويين .

هناك حل آخر يقوم على استخدام الحوض الاعلى لخزان الماء (١) . في هذا النوع من المحطات تستعمل الكهرباء التي تولدها المحطات التقليدية ، والتي لا يستخدمها المستهلكون ، لضخ الماء من الحوض الاسفل الى الحوض الاعلى . فعندما يبلغ الطلب اقصى حدوده ينحدر الماء من جديد مولدا الكهرباء كما تولدها محطة كهرمائية عادية . ليست هذه الخطة مولدا كهربائيا بالمعنى الصحيح لكنها تؤمن وسيلة لخزن كميات كبيرة من الطاقة .

تسخير قوة الريح

لم يحرز استخدام الريح لتوليد الكهرباء النجاح ذاته . فعلى الرغم من الكميات الهائلة من القوة المتوفرة نظريا ، فان مشكلة هذا التسخير من الناحية الاقتصادية ما تزال بدون حل .

ان الطاقة التي تنتجها طاحونة هوائية تساوي مكعب سرعة الريح مضروبا بالمساحة التي تدور فيها ريش الطاحونة . تبلغ الفعالية القصوى المحتملة ٥٩ ٪ ، لكن فعالية الآلات العملية لا تتعدى ٤٥ ٪ . وتشير بعض التقديرات الى ان توليد الكهرباء بواسطة الريح قد يستطيع ان ينافس الطاقة النووية في الاماكن التي يتعدى فيها معدل سرعة الريح ٣٢ كلم / س . لكن هذه الاماكن ليست كثيرة العدد . ولذا لن يستطيع استغلال الريح لتوليد الكهرباء تغطية اكثر من واحد في المائة من الطلب على الكهرباء . لهذا السبب يتجه الاهتمام نحو استغلال قوة الريح المخزونة في امواج البحر (٣) . فالارياح التي تهب على سطح البحر الفسيح تحدث امواجا قوية يمكن استخدامها كمصدر للطاقة . وافضل تصميم للآن يقضي باستخدام حاجز عائم يتأرجح جيئة وذهابا على ممر الامواج ويدير مضخات لضغط سائل يتمدد بعد ذلك في عنفات تولد الكهرباء .

طاقة الامواج المتوفرة كبيرة جدا . ففي بريطانيا تزيد على ٨٠ كيلو واط في المتر على طول السواحل ـ اي ما يوازي ١٢٠٠٠٠ ميغاواط على سواحل بريطانيا بكاملها ـ اي ثلاثة اضعاف الحد الاقصى لاستهلاك الكهرباء في عام ١٩٧٥ . وتزداد كميات الطاقة المتوافرة في الشتاء حيث يبلغ الطلب اقصى مداه . غير ان مشكلة بناء مثل هذه الحواجز وصيانتها هي من الصعوبة بمكان .

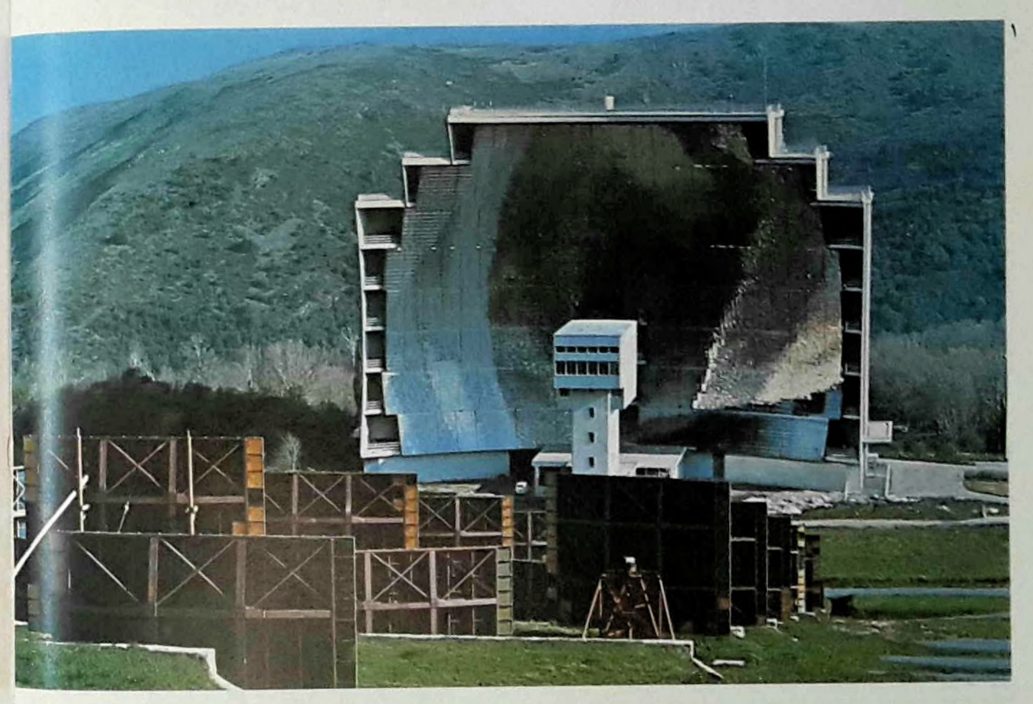
الطاقة المأخوذة من الشمس ومن الأرض مباشرة

يأتي قسم كبير من الطاقة التي يستهلكها الانسان من الشمس بطريقة غير مباشرة . فالفحم الحجري والبترول والعملية الكهرمائية يمكن اعتبارها جميعا اشكالا من الطاقة الشمسية مخزنة كبقايا حيوانية او نباتية قديمة العهد او كماء يتبخر من البحر تحت تأثير الشمس ويتساقط امطارا تؤمن طاقة مائية . غير انه يجري اليوم البحث عن طريقة لاستخدام الطاقة الشمسية بطريقة مباشرة .

جمع الطاقة الشمسية

هناك طرق عديدة ممكنة للحصول على الطاقة الشمسية . فيمكن اعتراض سبيلها في

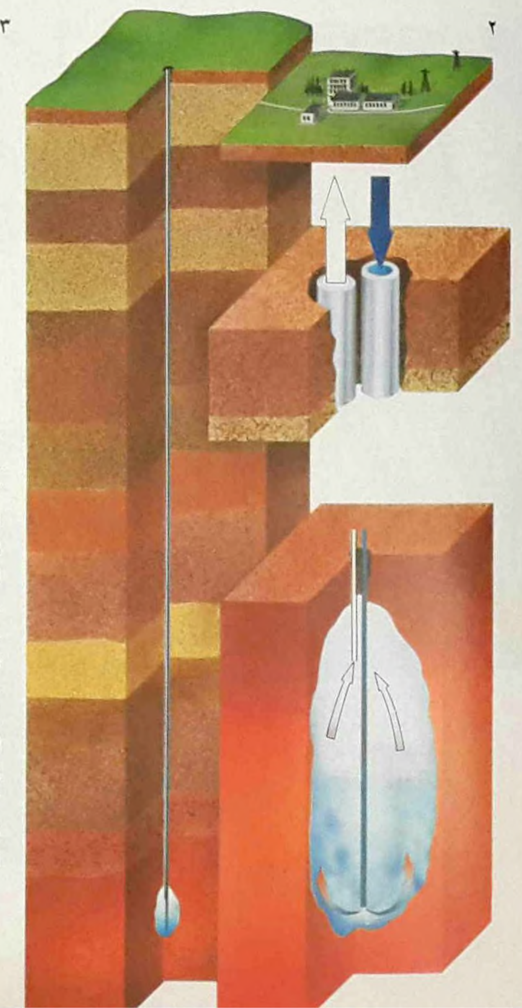
١



(١) - يستخدم الفرن الشمسي الطاقة الشمسية بتركيز حرارتها وضوئها بواسطة عدسات او مرايا كبيرة . هذا الفرن في مون لويس بفرنسا ينتج حرارة تبلغ ٣٠٠٠° س (درجة مئوية) كافية لصهر المعادن . يمكن تركيز هذه الحرارة النقية الخالية من تلوث غازات الوقود على مرجل لانتاج بخار يستخدم للتدفئة المنزلية او لادارة عنفة لتوليد الطاقة الكهربائية . عادة تعد مجموعة من المرايا المسطحة بحيث تتبع بطريقة اوتوماتيكية مسار الشمس وتعكس اشعتها على مرآة الفرن الثابتة . تدعى مرآة التتبع الدوارة هليوستان ويديرها محرك كهربائي ، بحيث يبلغ دورانها في الساعة ١٥ دقيقة من القوس . وقد تنظم زاوية الهليوستان خلية ضوئية او مزدوجة حرارية تعمل بواسطة حساسيتها .

الفضاء بواسطة قمر اصطناعي وتوجيهها الى الارض كحزمة قوية من الموجات . ويمكن جمعها بطريقة ابسط ، عندما تصل الى سطح الارض ، بواسطة حاشدات (مجمّعات) هي من حيث المبدأ مشعات ماء حار تعمل بشكل معكوس . يمكن استخدام هذه الحاشدات في البيوت للتدفئة او لتكييف الهواء . ويمكن ايضا تحويل الطاقة الشمسية مباشرة الى كهرباء بفعالية منخفضة بواسطة خلايا شمسية شبيهة بالخلايا المستعملة في الاقمار الاصطناعية . كما يمكن استخدامها لتنمية نباتات تستعمل مباشرة كوقود او تحول كيميائيا الى وقود سائل باستخدام كائنات حية مجهرية . واخيرا يمكن استخدام الحرارة المخزنة في ماء البحر لتأمين الطاقة باستعمال الفرق بين درجات حرارة السطح المعرض لأشعة الشمس ودرجات الماء البارد الموجود في العمق .

٢



٣



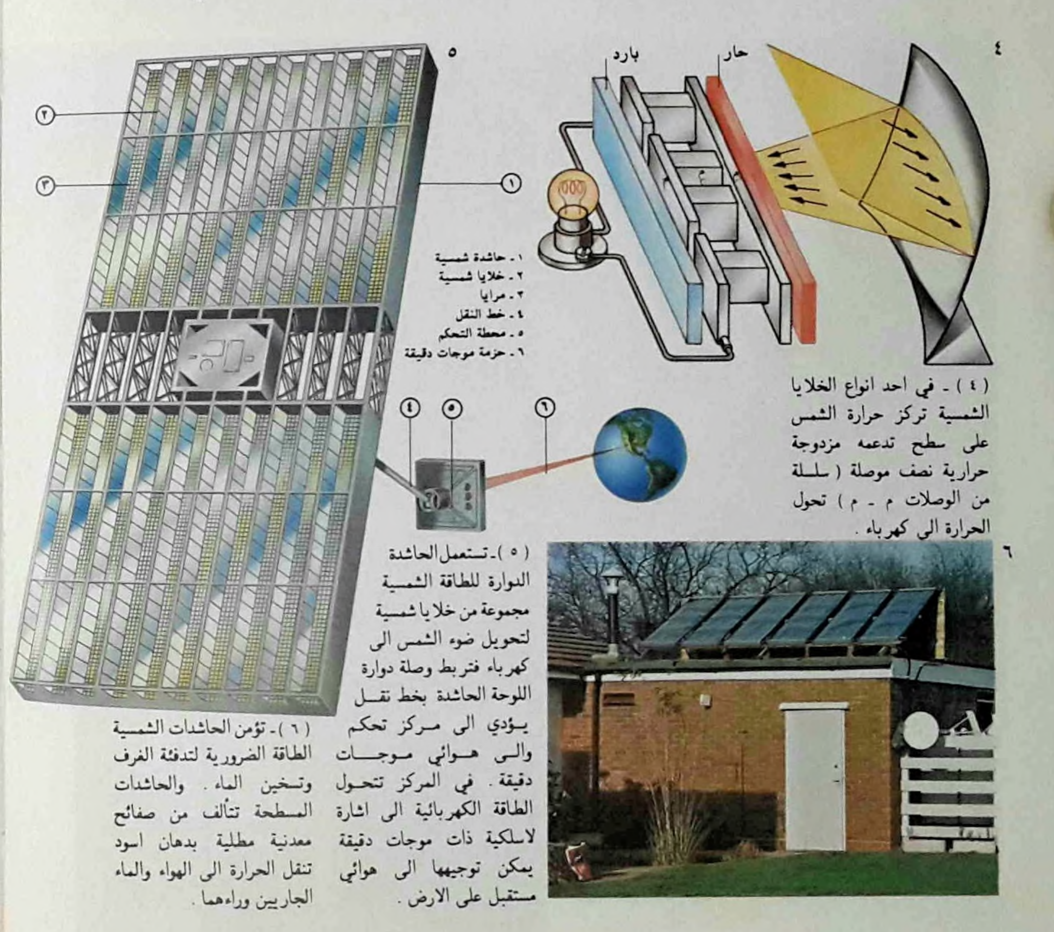
(٢) - يمكن استخدام ينبوع اصطناعي من المياه الحارة ، كهذه المحطة الاختبارية في لوس الاموس بالولايات المتحدة كمصدر للطاقة الحرارية . تثقب حفرة على عمق عدة مئات من الامتار حتى تصل الى تجويف طبيعي في باطن الارض قد تبلغ حرارته ٣٠٠ درجة مئوية . يضخ ماء في الحفرة فيسخن ويعود الى السطح عن طريق ثقب ثان فيمر في مبادل حراري يعمل كما يعمل مشع السيارة (رادياتور) ناقلا حرارته الى الهواء الذي يضخ فوقه .

(٣) - ان طاقة الحرارة الارضية (حرارة الصخور الجوفية العميقة) تستطيع ان تبعث ينابيع حارة عندما تتجمع المياه بطريقة طبيعية تحت سطح الارض . تتيح حفرة مثقوبة تصل الى هذه المياه تأمين الماء الحار للتدفئة الصناعية والمنزلية . بامكان مدينة باسرها واقعة فوق منطقة حرارة ارضية الحصول على القسم الاكبر من تدفئتها بهذه الطريقة وقد جربت هذه الطريقة في سكنديناfيا والاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة .

المقارنة بين الطرق المختلفة

من هذه الامكانات لم يستعمل حتى الان على نطاق واسع سوى الحاشدات (المجمعات) الشمسية البدائية المؤلفة من الواح منصوبة عادة على سطح بناية وموجهة بحيث تتلقى اكبر كمية ممكنة من اشعة الشمس . يضخ الماء عبر الالواح حيث يلتقط الحرارة من الشمس وينظم المضخة جهاز احساس فلا تعمل الا عندما تفوق حرارة المجمع حرارة الماء الموجود في الخزان بعدة درجات . لسوء الحظ لا تشع الشمس دائما ، لا سيما في المناطق الشمالية ، ولكن على الرغم من ذلك يقدر ان مجمعا شمسيا جيد التصميم في بريطانيا يستطيع توفير نصف تكاليف تسخين الماء وتدفئة المنازل .

ان اجهزة تحويل الطاقة الشمسية مباشرة الى كهرباء ليست مغرية لهذه الدرجة . فالخلايا الشمسية المستعملة في السفن



(٤) - في احد انواع الخلايا الشمسية تركز حرارة الشمس على سطح تدعمه مزدوجة حرارية نصف موصلة (سلسلة من الوصلات م - م) تحول الحرارة الى كهرباء .

(٥) - تستعمل الحاشدة الدوارة للطاقة الشمسية مجموعة من خلايا شمسية لتحويل ضوء الشمس الى كهرباء فترتبط وصلة دوارة اللوحة الحاشدة بخط نقل يؤدي الى مركز تحكم والى هوائي موجات دقيقة . في المركز تتحول الطاقة الكهربائية الى اشارة لاسلكية ذات موجات دقيقة يمكن توجيهها الى هوائي مستقبل على الارض .

(٦) - تؤمن الحاشدات الشمسية الطاقة الضرورية لتدفئة الغرف وتسخين الماء . والحاشدات المسطحة تتألف من صفائح معدنية مطلية بدهان اسود تنقل الحرارة الى الهواء والماء الجاريين وراءهما .

الفضائية غالية الثمن ولا تتعدى فعاليتها التحويلية ١٠ ٪ او دون ذلك . من حيث المبدأ يمكن توليد الكهرباء بتغطية السطوح بخلايا شمسية (٦) لكن ذلك يعتمد على امكان انتاج خلايا زهيدة الثمن لا تتعدى اكلاف المتر المربع منها بضع ليرات استرلينية . اما الان فتتعدى اكلاف المتر المربع ١٠٠ ليرة استرلينية .

هناك بديل آخر هو تجميع الطاقة الشمسية بواسطة انابيب شفافة تحتوي على مزيج مصهور من الصوديوم والبوتاسيوم ترفع حرارته الى ما فوق درجة حرارة غليان الماء بتركيز اشعة الشمس على الانابيب بواسطة عاكسات . عندئذ يستعمل المعدن الحار في مبادل حراري لانتاج البخار الذي يمكن استخدامه لتوليد الكهرباء . ان عملية كهذه تنفذ في منطقة صحراوية تحتاج الى مساحات واسعة ـ من ٥٠ الى ٢٠٠ كلم ٢ لكل ١٠٠٠ ميغاواط ـ يمكن استعمالها اقتصاديا اثناء الثمانينات . الوسيلة الاخرى تقوم على استخدام الفرق في درجات الحرارة بين مياه المحيطات العميقة والمياه السطحية . ان جريان ماء المحيط محدود وهذا يعني ان الفرق غالبا ما يبلغ ١٥° س بين المياه العميقة والمياه السطحية . فباستخدام هذا الفرق يمكن استغلال الكميات الضخمة من الحرارة الشمسية المخزنة في البحر .

الارض مصدر طاقة

يعطي ثوران البراكين فكرة واضحة عن الطاقة المخزنة في جوف الارض . كانت الحرارة الباطنية الارضية تعتبر في ما مضى مخلفات ارض قديمة منصهرة لكن يعتقد اليوم انها تنتج باستمرار عن انحلال بطيء لعناصر مشعة في مركز الارض .

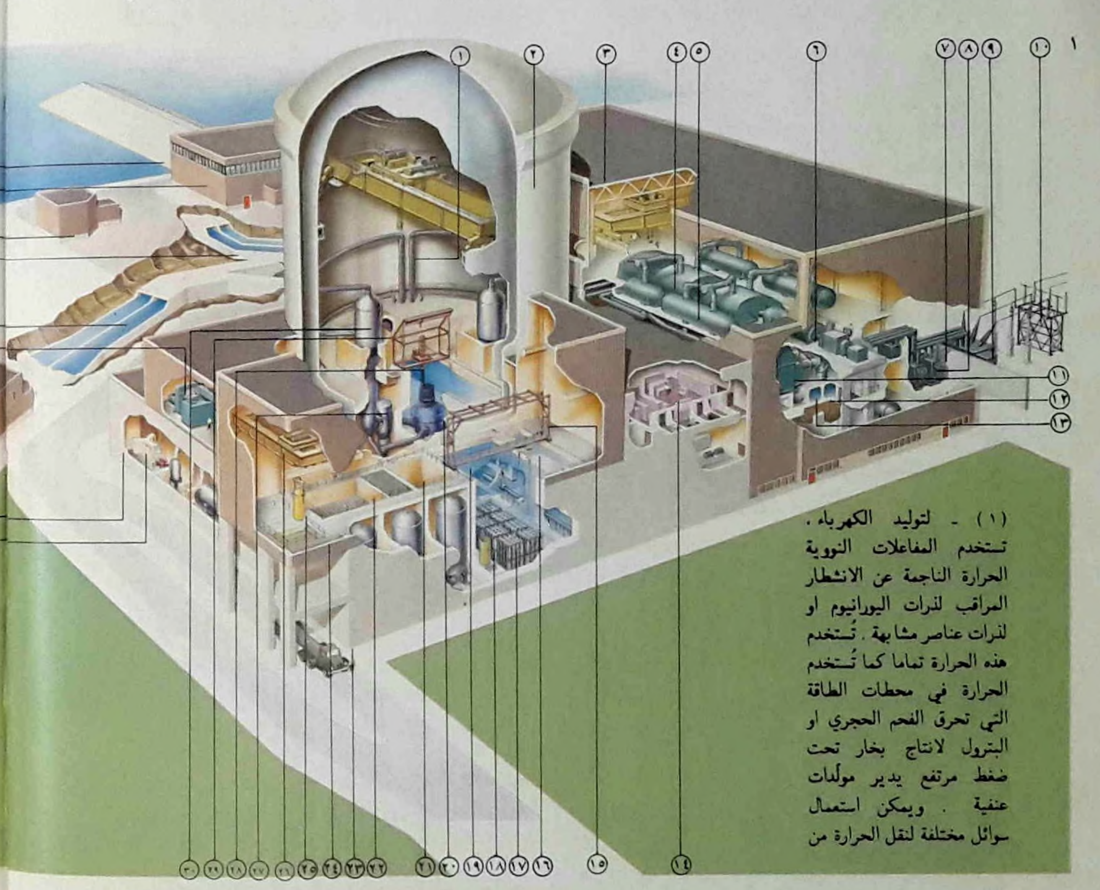
في بعض الاماكن من سطح الارض تنبعث هذه الحرارة اما من بركان او بشكل ينابيع حارة او حمات فوارة . كانت اول محاولة اجريت من اجل استثمار الحرارة الارضية (٣) في لرديلو بايطاليا حيث يستعمل الآن بخار طبيعي لتوليد ٣٩٠ ميغاواط من الكهرباء . وتعمل معامل اخرى تستخدم الحرارة الارضية في اسلندة واليابان وزيلندة الجديدة والاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة .

ان اماكن الانتاج الطبيعي للبخار او للمياه المالحة الحارة محدودة وتعتمد على مخزون المياه . اذا ثقبت حفرة في اي مكان من سطح الارض تزداد الحرارة بازدياد عمق الحفرة ، لكن نسبة ازدياد الحرارة ـ اي تدرج درجات الحرارة ـ تختلف اختلافا كبيرا من مكان الى آخر . ففي الاماكن ذات التدرج الحراري المرتفع يمكن انتاج الحرارة بحفر آبار وتحطيم الصخور في قعرها وصب ماء من السطح لتحويله الى بخار يستخدم لتوليد الكهرباء . وهناك محاولات تجري الان لاختبار المردود الاقتصادي لهذه الطريقة في مختبر لوس الاموس العلمي في نيومكسيكو (٢) . فحجم زهاء ٥٢٠ كلم ٢ من الصخور الجوفية التي تزيد حرارتها بضع مئات الدرجات عن حرارة الصخور السطحية يحوي من الطاقة بقدر ما يستهلكه العالم باجمعه خلال سنة كاملة . فاذا لم يستخرج الا جزء قليل من هذه الطاقة يصبح بوسع معامل طاقة الحرارة الارضية ان تؤمن كميات هائلة من الطاقة الخالية من التلوث .

الطاقة النوويّة

الطاقة النووية هي الطاقة الاكثر تمركزا التي اكتشفها الانسان حتى الآن والتي حررها بطريقة علمية من نواة الذرة . فعندما تنشطر نواة ذرة ثقيلة الى شطرين ، في عملية تدعى الانشطار ، تتحرر كميات هائلة من الطاقة ، اما فجأة كما يحدث في القنبلة الذريّة ، او ببطء وتحت المراقبة كما يحدث في مفاعل نووي حيث تسخَر تلك الطاقة لانتاج البخار او لتوليد الكهرباء بواسطة عنفات او تربينات .

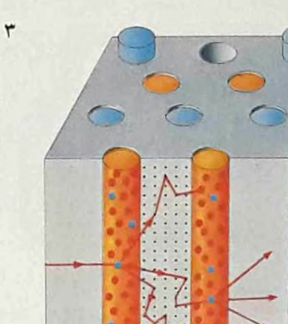
العنصر الطبيعي الوحيد الذي ينشطر عفويا هو اليورانيوم . ولليورانيوم الخام ، كما يوجد في الطبيعة ، نظيران . اليورانيوم ٢٣٥ واليورانيوم ٢٣٨ . النظير الاول وحده ينشطر

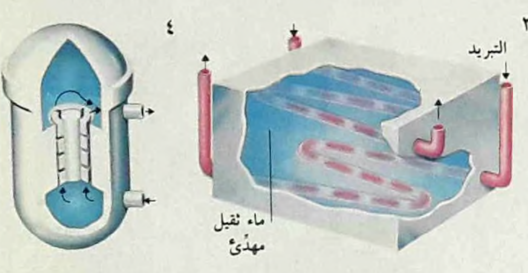


(١) - لتوليد الكهرباء ، تستخدم المفاعلات النووية الحرارة الناجمة عن الانشطار المراقب لذرات اليورانيوم او لذرات عناصر مشابهة . تُستخدم هذه الحرارة تماما كما تُستخدم الحرارة في محطات الطاقة التي تحرق الفحم الحجري او البترول لانتاج بخار تحت ضغط مرتفع يدير مولّدات عنفية . ويمكن استعمال سوائل مختلفة لنقل الحرارة من

بطريقة عفوية . (النظائر هي اشكال متعددة لعنصر واحد تختلف كتلها وخصائصها الفيزيائية الاخرى لكن خصائصها الكيميائية واحدة) . لا يحوي الركاز او المعدن الخام من يو ٢٣٥ سوى ٠.٧ ٪ من مجمل اليورانيوم الموجود فيه . لكنه من الممكن ، بعملية تدعى التكثيف او الاغناء ، زيادة كمية هذا النظير ، وذلك بانتاج مزيج من النظيرين الاثنين تبلغ فيه كمية اليو ٢٣٥ حوالى ٩٠٪ .

يصنع هذا المزيج ، بوضع الوقود في داخل أوعية (٤) رقيقة بشكل قلم ومقفلة باحكام ، بحيث لا يتمكن الوقود ولا منتوجات الانشطار السامة من الانفلات . توضع عناصر الوقود عادة بشكل عمودي بحيث يمر الماء والغاز بينها ليمتص الحرارة الناجمة عن الانشطار . بعد مرور مادة التبريد بين طبقات الوقود الحار وامتصاص حرارتها ، تخرج هذه المادة من الاوعية





المفاعل الى المبادل الحراري . من هذه السوائل الصوديوم السائل او الماء الموضوع تحت ضغط قوي كما هي الحال هنا في محطة الطاقة في كو - ري بالقرب من بوزان بكوريا الجنوبية . الاقسام الرئيسية لهذه الآلة المعقدة هي : (١) انابيب الماء المضغوط ، (٢) بناية المفاعل ، (٣) بناية العنفات (٤) عنفة ذات ضغط مرتفع ، (٥) عنفة ذات ضغط منخفض ، (٦) مولّد ، (٧) جدار واق من النار ، (٨) محولات كهربائية ، (٩) المحول الكهربائي الرئيسي ، (١٠) مجموعة مفاتيح كهربائية ، (١١) مخرج ماء التبريد ، (١٢) مكثّف ، (١٣) مدخل ماء التبريد ، (١٤) غرفة المراقبة والضبط ، (١٥) جسر الوقود المستهلك ، (١٦) مصعد الوقود الجديد ، (١٧) مخزن الوقود المستهلك ، (١٨) برميل تخزين الوقود المستهلك ، (١٩) منطقة تعبئة البراميل ، (٢٠) وعاء المفاعل ، (٢١) حفرة ازالة التلوث ، (٢٢) مخزن الوقود الجديد ، (٢٣) مركز تعبئة الوقود ، (٢٤) كوة تعبئة الوقود ، (٢٥) برميل الوقود المستهلك ، (٢٦) مرفاع الوقود ، (٢٧) مضخة مبرد المفاعل ، (٢٨) جسر رافعة التزويد بالوقود ، (٢٩) جهاز الضغط ، (٣٠) مولد البخار ، (٣١) مخزن البراميل ، (٣٢) منطقة تعبئة النفايات في البراميل ، (٣٣) جهاز تفريغ ماء التبريد ، (٣٤) جهاز التهوئة الاضافية ، (٣٥) ماء التبريد الآتي من العنفات ، (٣٦) مبنى مضخات ماء البحر المستعمل للتبريد ، (٣٧) جهاز ادخال ماء التبريد الى العنفات ، (٣٨) مبنى مضخات الماء ، (٣٩) نفق لدخول ماء البحر .

---

(٢) - المفاعل المهدأ بالغرافيت يولّد ايضا بخارا لتشغيل المولدات العنفية . فالنيوترونات التي تخفف سرعتها كتلة من الغرافيت تشطر ذرات اليورانيوم ٢٣٥ ، فيحرر كل من هذه الذرات المزيد من النيوترونات التي تخفف سرعتها ايضا لتحدث انشطارات جديدة . تُلقى قضبان من الكدميوم (باللون الازرق) في داخل المفاعل لامتصاص بعض النيوترونات الجديدة وضبط معدل انتاج الحرارة .

---

(٣) - في مفاعل ذي انبوب ضغط ، يمر عنصر التبريد المضغوط (وهو ماء او ماء ثقيل او سائل عضوي) في وعاء المفاعل الذي يطوّق بمهدِّىء من الماء الثقيل ليمتص النيوترونات .

---

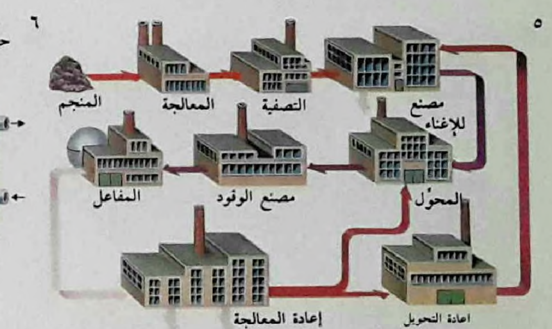
(٤) - المفاعل ذو الوعاء المضغوط هو خزان من الفولاذ بلغ سمكه من ٢٠ الى ٣٠ سم وتكسوه طبقة من فولاذ لا يصدأ .

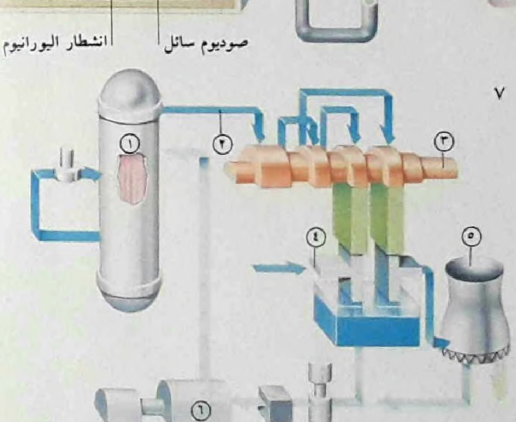
وتستعمل لانتاج البخار وتوليد الكهرباء في مولدات عنفية .

تفاعلات متسلسلة خاضعة للمراقبة

كي يتمّ انشطار النواة ، يحتاج معظم المفاعلات الى اكثر من الوقود ومادة التبريد . فلكي تنشطر نواة يو ٢٣٥ ، من الضروري قذفها بنيوترون يصدمها ويهزها بما يكفي لانشطارها الى شطرين . في هذه العملية تولد النواة نيوترونين جديدين او ثلاثة تصدم بدورها نوى يو ٢٣٥ أخرى ، فيحصل من جراء ذلك ما يسمى بالتفاعل المتسلسل .

يجب ان يضبط المفاعل النووي (١) بحيث ان واحدا فقط من النيوترونات الناجمة عن انشطار النواة يُحدث انشطارا جديدا . وعندئذ فقط يقال ان المفاعل يعمل بطريقة منتظمة وبسرعة ثابتة . اما اذا أحدث اكثر من نيوترون واحد انشطارا جديدا ، فسرعة





٧

(٥) - يستعمل الوقود النووي بطريقة دورية . فاليورانيوم الخام ينقل من المنجم الى مصنع خاص يحوّله الى اكسيد اليورانيوم . يُنقى هذا الاكسيد ويُحوّل الى فلوريد . ثم يوجه الى مصنع للتكثيف او الاغناء ، ومن ثم يحول مجددا الى اكسيد ومنه الى وقود . عندئذ يستعمل هذا الوقود المكثف في المفاعل الذي اخذ منه الوقود المستهلك فتعاد معالجته بحيث يحوّل اليورانيوم المستخرج من جديد الى فلوريد ويعاد الى مصنع التكثيف .

(٦) - في المفاعل السريع التوليد يستعمل وقود اليورانيوم ويحول في الوقت ذاته الى عنصر قابل للانشطار هو البلوتونيوم . ينقل الصوديوم السائل الحرارة من المفاعل الى المبادل الحراري ، محولا الماء الى بخار لتشغيل المولدات العنفية . يقوم المكثف باعادة تحويل البخار المستعمل الى ماء يعود الى المبادل . اما البلوتونيوم الناجم عن هذه العملية ، فيستعمل لتكثيف وقود اليورانيوم او يستخدم في مفاعلات اخرى .

(٧) - تعمل جميع المحطات النووية وفقا لمبدأ واحد ، فالمفاعل (١) يسخن الماء ويحوله (مباشرة او بطريقة غير مباشرة) الى بخار (٢) يدير مولدا (٣) عنفيا لانتاج الكهرباء . بعد ذلك يتحول ثانية البخار المنفلت الى ماء في مكثف (٤) يستخدم الماء البارد من برج تبريد (٥) ثم يعود الماء بواسطة مضخة (٦) الى القسم الحار من المفاعل . ويحتاج برج التبريد الى ماء بارد يزوده به البحر او نهر .

المفاعل تزداد بحيث يتحول المفاعل الى قنبلة . ولكن اذا لم يتوصل اي من النيوترونات الناجمة عن انشطار النواة الى احداث اي انشطار جديد ، فالمفاعل يفقد قدرته تدريجيا الى ان يتوقف عن العمل في آخر الأمر .

تسير النيوترونات الناجمة عن كل انشطار بسرعة فائقة تبلغ حوالى ١٦٠٠٠ كلم في الثانية ، وتميل اصلا الى الانفلات من المفاعل دون احداث اي انشطار جديد . فلتأمين استمرار عمل المفاعل ، يجب تخفيف سرعتها باستخدام مادة تدعى المرسل او المهدىء لزيادة احتمال اصطدامها بنواة يو ٢٣٥ اخرى واحداث انشطار جديد .

الأمان والتزويد بالوقود

يضبط المفاعل بقضبان ماصة للنيوترونات يمكن ادخالها الى داخل المفاعل او اخراجها منه حسب الحاجة . عندما تسحب قضبان الضبط ، ينخفض عدد النيوترونات الممتصة فيزداد عدد النيوترونات التي تحدث الانشطار فتنشط عملية التفاعلات (٢) . ولكن عندما تُدفع هذه القضبان الى داخل المفاعل بأقصى ما يكون من السرعة ، فانها تمتص النيوترونات تاركة القليل منها للاسهام في عملية الانشطار . وهكذا يتباطأ المفاعل .

يُحاط المفاعل بجدران سميكة من الاسمنت والفولاذ لتحول دون تسرّب اي اشعاع منه الى الخارج وللتثبت من أمان الجهاز بكامله ، يستعان باجهزة للطوارىء مصممة بحيث تتلافى اي عطل مفاجىء .

عندما تفقد مواد الوقود فعاليتها ، تسحب من المفاعل وتوضع مكانها عناصر جديدة .

اما مواد الوقود القديمة التي ما برحت تحتوي على كمية من يو ٢٣٥ لم تستعمل بعد ، فتؤخذ لتعاد معالجتها واستخراج ما تبقى فيها من يو ٢٣٥ (٥) .

البلوتونيوم ٢٣٩ (بلو ٢٣٩) هو ، كاليورانيوم ٢٣٥ ، قابل للانشطار تلقائيا بحيث يمكن استخدامه لصنع قنابل ذرية او لتأمين الوقود لمفاعلات نووية . صممت المفاعلات الاولى وصنعت لتأمين البلوتونيوم المعدّ لانتاج القنابل الذرية . غير ان البلوتونيوم سام جدا ، لذلك اخذ يقلق الناس تزايد كمية هذا العنصر في العالم .

المفاعل السريع التوليد

صمّم ايضا آخر انواع المفاعلات الحديثة ، وهو المفاعل السريع التوليد (٦) ، للاستفادة من الانتاج العرضي للبلوتونيوم ٢٣٩ . يزوّد هذا المفاعل بوقود اليورانيوم ، ويطوق من الخارج « بقميص توليد » لالتقاط النيوترونات المنفلتة ، فيتحوّل فيه يو ٢٣٨ الى بلو ٢٣٩ . هذه الطريقة فعالة الى درجة ان المولد السريع ينتج من بلو ٢٣٩ اكثر من الوقود النووي الذي يستهلكه .

تستخدم حتى الآن جميع المفاعلات الموجودة تفاعل الانشطار لانتاج الطاقة . ولم يتوصّل العلماء بعد الى التحكم في التفاعل المعاكس ، اي تفاعل الاندماج الذي يحدث القنبلة الهيدروجينية ، وهو قائم على دمج ذرتين خفيفتين يعطي لهذه القنبلة قوتها المريعة . ففي هذا التفاعل تندمج معا ذرّات خفيفة رفعت حرارتها حتى مليوني درجة لتولد ذرات اثقل منها فتنتج عن ذلك كميات هائلة من الطاقة .

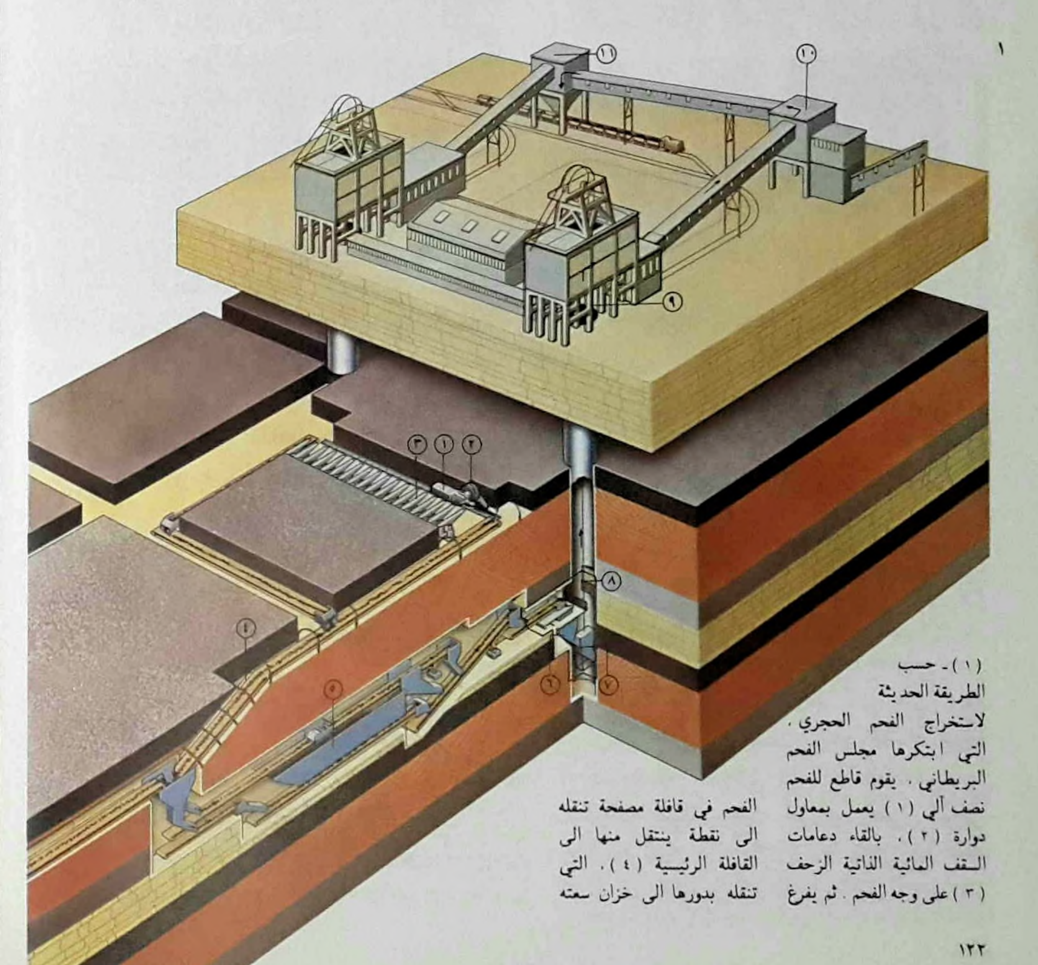
الفحم الحجري : انتاجه وأوجه استعماله

الفحم الحجري راسب طبيعي من الهيدروكربون يمكن حرقه للحصول منه على طاقة حرارية . يوجد في طبقات تعرف بالعروق وتكون عادة تحت سطح الارض (١) ، ولكنه قد يظهر في بعض الاماكن قرب سطح الارض مباشرة تحت طبقة من التربة . يكون عادة صلبا غير شفاف واسود اللون . كان استعماله قليلا قبل القرن السادس عشر ، لكنه اصبح في ما بعد اساسا لصناعة وقود كبرى ، في بريطانيا اولا ، ثم في اوروبا وفي العالم باسره .

مصادر الفحم الحجري

ينجم الفحم الحجري عن نباتات حرجية

١



(١) - حسب الطريقة الحديثة لاستخراج الفحم الحجري ، التي ابتكرها مجلس الفحم البريطاني . يقوم قاطع للفحم نصف آلي (١) يعمل بمعاول دوارة (٢) ، بالقاء دعامات السقف المائية الذاتية الزحف (٣) على وجه الفحم . ثم يفرغ الفحم في قافلة مصفحة تنقله الى نقطة ينتقل منها الى القافلة الرئيسية (٤) ، التي تنقله بدورها الى خزان سعته

وطيئة ترجع الى عهد يتراوح بين عشرات الملايين من السنين وحوالى ٣٠٠ مليون سنة (٢) ، غُمرت بقايا حطام هذه النباتات في مستنقعات ، ثم دفنت تحت طبقات سميكة من الصخور الرملية والطينية . تكرّرت هذه العملية اكثر من مرة ، وخضعت هذه الرواسب النباتية للضغط والحرارة والانحلال تحت تأثير كائنات جرثومية ، ثم تحولت ، نتيجة لذلك ، الى مساحات من المواد الصلبة القابلة للاحتراق .

كثيرا ما تدعى عملية التحول هذه « تفحّما » ، وتحدد درجة الحرارة التي حصل فيها التفحم « مرتبة » الفحم . فالانتراسيت اعلى هذه المراتب . قد تتفاوت المراتب في العرق الواحد ، وعندما يحصل ذلك تختلف العروق العليا عن العروق السفلى اختلافا ملحوظا ، وفي الطبقات العمودية التي لم تتعرّض للتشوش تكون مرتبة العروق السفلى

٢
التركيب٪
كربون
اكسيجين
هيدروجين
٦٠
٣٥
٢٠م
٥
خُثّ
٧٠
٢٦
٤م
٤
ليغنيت
٨٢
١٤
٢م
٤
فحم
قاريّ
٩٦
٣
١,٥
٣
أنتراسيت

٣
العمق بالأمتار
١٠٠٠
٣٠٠٠
٦٠٠٠
①
②
③

٤
قادوس الفحم الحجريّ
الحبال الرافعة الرئيسيّة
الناقلة

حوالى ١٠٠٠ طن (٥) . يفرغ الفحم من هذا الخزان بمعدل ثابت في قادوس القياس (٦) الذي بدوره يعبىء قادوس الفحم (٧) في المنطقة المعدة لاجهزة التحميل في قعر المنجم (٨) . يُرفع الفحم في القادوس الى فوق بواسطة اجهزة التفريغ عند فوّهة المنجم (٩) ثم يؤخذ الى مصنع للغسل والفرز (١٠) . هنا يعالج الفحم لتنقيته من الرماد ثم يصنف حسب احجام قطعه . بعد الغسل والفرز ، يفرغ في حافلات قطار (١١) ليصار الى توزيعه .

---

(٢) ـ تكوّنت الرواسب الفحمية عبر ملايين السنين عن تحلّل نباتات تعرضت لدرجات مختلفة من الانضغاط والتحوّلات الكيميائية . بدأت تلك العملية بنباتات حرجية وطيئة في مناطق منقعية واسعة ، اذ هوت جذوع اشجار وتساقطت نباتات أخرى وتعفنت فكونت خُثّا خشبيا غُمر بالماء ودفن تحت طبقات سميكة من الصخور الرملية والطينية . ثم تكررت العملية مرارا مع نباتات حرجية متجددة . يبين الرسم المبسط العمليات الاساسية في تسلسل منتظم . يتميز الفحم بكثرة كمية الكربون فيه وقلة كمية الهيدروجين والاكسجين . كان من جراء هذه التغيّرات ان اصبحت انواع الوقود الاعلى مرتبة اكثر تكثفا من الناحية الكيميائية ، وغدت تعطي القليل من المواد الطيّارة عندما تفحص بالطرائق المألوفة .

---

(٣) ـ تتألف قاطعة اندرتون هذه (١) من اسطوانة دوارة قاطعة متصلة بمحراث محوّل (٢) يوجه الفحم الى ناقلة مصفحة (٣) .

---

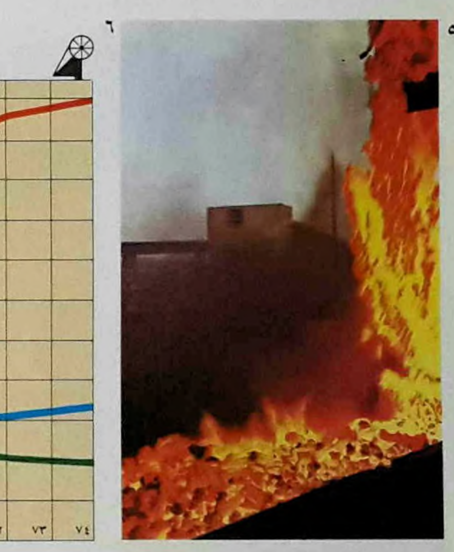
(٤) ـ في ما مضى كانت تجهيزات فوهات المناجم المستخدمة لنقل الفحم الى ورشة التحضير كناية عن مجموعة رموز تمثل حضارة الجماعة المشتغلة باستخراج الفحم . اما اليوم ، فقد اصبحت يلفها بناء ضخم لا يعكّر شكله المناظر المجاورة .

اعلى من مرتبة العروق القريبة من سطح الارض . تعرف هذه القاعدة العامة ، التي لا تخلو من شواذات ، بقاعدة هِلت .

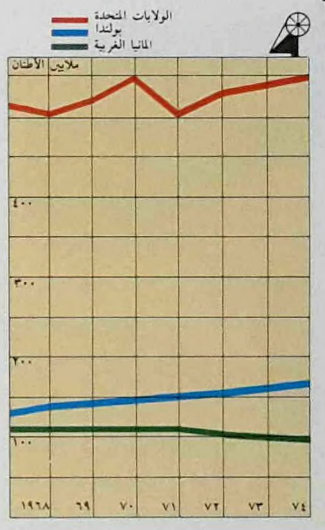
لتبسيط عملية تحديد نوعية الفحم ، غالبا ما يُكتفى بعملية « التحليل التقريبي » الذي يعطي النسبة المئوية للمواد المركب منها الفحم كالمواد الرطبة والمواد الطيّارة والكربون الثابت والرماد ، كما تحدد ايضا بطرائق التحليل التقليدية الدارجة . اما « التحليل المطلق » ، فبه تحدد كمية الكربون والهيدروجين والاكسجين والنتروجين والكبريت في الفحم . فضلا عن ذلك ، تحدد القيمة الحرارية للوقود بالوحدات الحرارية التي تولدها وحدة الوزن المحترق .

يمكن ايضا تعريف الفحم بناء على اجزائه البتروغرافية ، اي انواع الصخور التي ينتمي اليها . هناك بنيات فيزيائية اربع للفحم معترف بها هي : الكلارين (املس

٥



٦



٧

(٥) ـ فحم الكوك ، الذي يرى هنا خارجا من فرن الكوك ، هو وقود بلا دخان يستعمل في الصناعة . يُحمّى فحم الكوك في افران الى درجة الابيضاض بمعزل عن الهواء لازالة القسم الاكبر من المواد القيرية منه . بعد ذلك يحترق الوقود المتبقي تاركا كميات ضئيلة من الرماد .

(٦) ـ حمل سعر النفط ، الذي بلغ خمسة اضعافه بين عامي ١٩٧٢ و ١٩٧٤ ، كثيرا من البلدان على اعادة النظر في سياستها المتعلقة بانتاج الفحم الحجري . كانت بعض البلدان المنتجة للفحم الحجري قد خفضت كثيرا انتاجها منه غير ان الولايات المتحدة قد حافظت على مستوى انتاجها . كما ان الاتحاد السوفييتي والبلدان الشرقية الاخرى استمرت في تنمية صناعاتها وجاءت العلاقة بين اسعار النفط واسعار الفحم الحجري نتيجة لقرارات سياسية . اما في البلدان ذات الاقتصاد الحر ، فان وضع الصناعة الفحمية تقرر بناء على العلاقة بين سعر البترول وسعر الفحم .

(٧) ـ لا يعثر في غرفة المراقبة في مناجم الفحم الحديثة التي تعمل بطريقة آلية على اي اثر من آثار الغبار والسخام والوسخ التي كانت ترافق تقليديا عملية الاستخراج . في هذه الغرفة في بيفر كوتز كوليري بانجلترا يراقب مهندس واحد عمل الآلات تحت الارض وفوق سطحها .

ولمَاع) والديورين (أربد وقاس ومحبب) والڤترين (اسود براق وزجاجي المنظر) والفوزين (اسود سهل التفتّت وليفي) .

كان نموّ الصناعة الفحمية احد العوامل التي ادت الى نمو الصناعة العامة من القرن السابع عشر حتى القرن العشرين . واليوم لا يُستعمل الفحم الحجري كوقود فحسب ، بل انه اصبح ايضا اساسا لصنع سلع عديدة متنوعة ، منها العقاقير واصباغ الاقمشة .

تاريخ الصناعة الفحمية

كانت الصناعة الفحمية ، حتى الحرب العالمية الثانية ، ذات اهمية اقتصادية فائقة في البلدان الصناعية . وحتى في عام ١٩٥٠ كان الفحم الحجري ما يزال يؤمّن ٥٦ ٪ من الطاقة العالمية . لكن في عام ١٩٧٤ ، انخفض هذا الرقم الى ٣٩ ٪ بسبب التقدم الذي احرزه انتاج البترول والغاز الطبيعي . غير انه ، نظرا لارتفاع كبير في اسعار البترول عام ١٩٧٣ ولتوقع نفاد الاحتياطي المحدود من البترول والغاز ، عاد انتاج الفحم الحجري الى الارتفاع (٦) .

في البدء ، كان الفحم يستخرج بواسطة المعول والرفش ويرفع الى سطح الارض في سلال . اما اليوم ، فقد اصبح استخراجه في جميع البلدان الصناعية يتم بطرائق آلية صرف . كما غدا انتاج المنجم الواحد يفوق احيانا مليون طن في السنة (١) . يستعمل عمال المناجم قاطعات آلية ، وينقلون الفحم بواسطة القطارات الجوفية . هناك ميل الى استعمال معدات تدار عن بعد بحيث يظل العمال على مسافة من اماكن الاستخراج الخطرة . وفي بعض الاماكن ، اصبحت بعض آلات استخراج الفحم توجّه بصورة آلية على طول جبهة الاستخراج بحيث تقيس بواسطة مسبار مشع سماكة طبقة الفحم المتبقية في السقف فيما تتابع شق طريقها تحته . لا يزال استخراج الفحم الحجري عملية تتطلّب حيطة خاصة ، لكن نسبة الوفيات والحوادث قد انخفضت بشكل مطّرد في البلدان الصناعية . قد يتصاعد غاز الميثان القابل للاشتعال من الفحم الحجري خلال العمل ، لهذا السبب لا بد للادوات المستعملة من ان تلبي جميع الشروط اللازمة لتلافي الانفجار .

المواد المستخرجة من الفحم الحجري

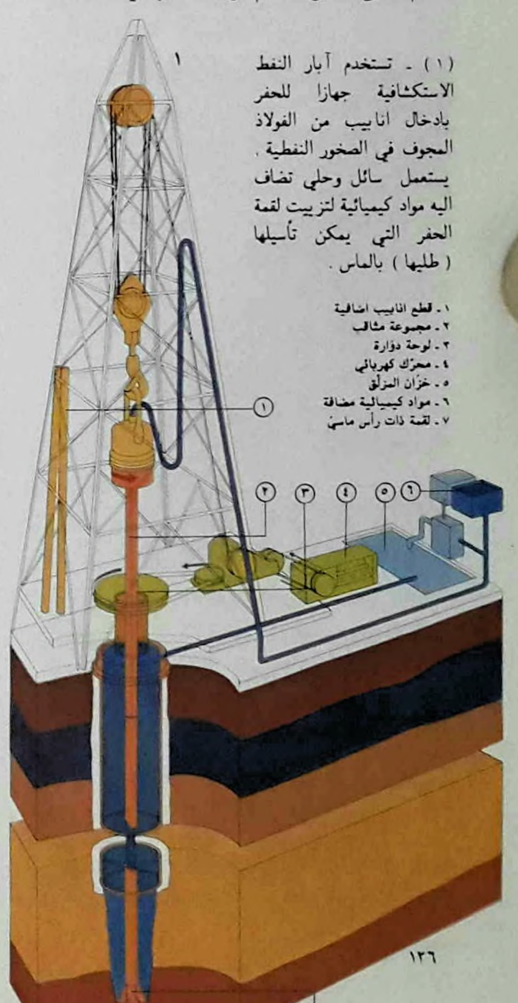
كان الفحم الحجري في وقت مضى مصدرا للغاز ولمواد كيميائية تنجم عن تسخينه بمعزل عن الهواء في عملية تدعى « كربنة » . لكن منذ منتصف الخمسينات ، خفّت اهمية هذه العملية . غير ان بحوثا ناشطة تجري الآن لجعل الفحم الحجري مرة ثانية مصدرا هاما لمواد كيميائية وذلك باستخدام طرائق جديدة « كالهدرجة » التي تستطيع تحويله الى وقود سائل او غازي . يعتبر الفحم الحجري ، من بين جميع انواع الوقود الاحفورية البدائية ، اكثرها وفرة ، والكميات المتوافرة منه تكفي على الارجح لمئات السنين اذا استخدمت حسب المعدلات المرتقبة . وهذا ما يؤمن له استمرارا يفوق الى حد بعيد استمرار الغاز والبترول . من المعروف ان فحم الكوك ، الذي يتم الحصول عليه بازالة الغازات من الفحم الحجري ، هو عنصر أساسي لصهر الحديد وتحويله الى فولاذ ، وان غاز الفحم الناتج عن افران فحم الكوك يمكن استعماله لتسخين هذه الافران .

النفط والغاز الطبيعي

حفـرت أول بئـر في العـالم فـي تيتوسفيل غربي بنسلفانيا في الولايات المتحدة في شهر آب عام ١٨٥٩ على يد الكولونيل ادوين ل . دريك . وجد النفط الخام على عمق ٢١ م وكانت بداية صناعة اصبحت الآن اهم صناعة في العالم . في عام ١٩٧٥ اصبح في العالم اكثر من ٦٠٠٠٠٠ بئر للنفط يبلغ مجموع انتاجها اكثر من ٥٥ مليون برميل في اليوم (البرميل = ١٥٩ ليتر) .

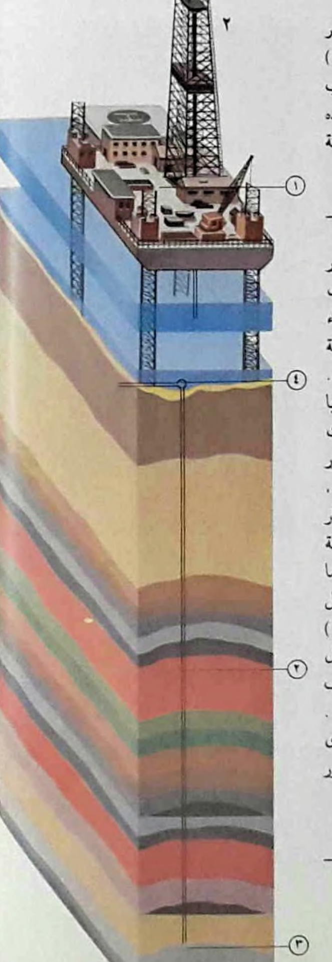
تركيب النفط واصله ومواقعه

النفط مزيج معقد من الهيدروكربونات - وهي مركبات كيميائية من الكربون والهيدروجين - وهي تتفاوت في الكثافة بين



(١) - تستخدم آبار النفط الاستكشافية جهازا للحفر بادخال انابيب من الفولاذ المجوف في الصخور النفطية . يستعمل سائل وحلي تضاف اليه مواد كيميائية لتزييت لقمة الحفر التي يمكن تأسيلها (طليها) بالماس .

١ - قطع انابيب اضافية
٢ - مجموعة مثالب
٣ - لوحة دوّارة
٤ - محرّك كهربائي
٥ - خزّان المزلّق
٦ - مواد كيميائية مضافة
٧ - لقمة ذات رأس ماسيّ

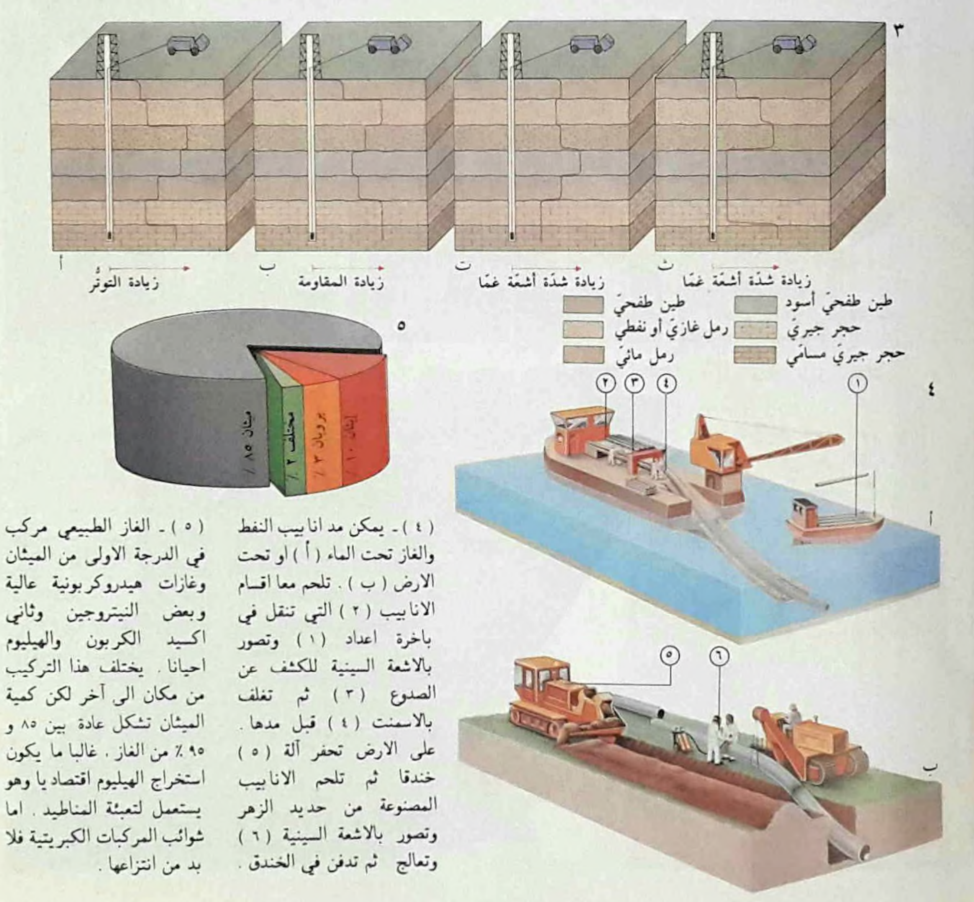


(٢) - يترك جهاز الحفر المائي لاستخراج الغاز (١) سلسلة انابيب (٢) في جيب الغاز الطبيعي (٣) . تتصل هذه الانابيب بالشاطىء بواسطة خط انابيب آخر (٤) .

(٣) - يسمى حفر الصخور الاختباري « تسجيل القياسات البئرية » . يقيس العلماء الميزات الكهربائية والاشعاعية للصخور النفطية المحتملة . يحفرون ثقبا اختباريا ويقيسون ، (أ) الفلطيات الكهربائية التي تولدها الصخور (تسجيل اداء الجهد الذاتي) ، (ب) مقاومة الصخور للتيار الذي يمر فيها (تسجيل مقاومة الاداء) . (ت) شدة اشعة جاما التي تبثها الصخور (تسجيل اداء اشعة جاما) . أو (ث) اشعة جاما المبثوثة بعد انزال مصدر اشعاع الثقب مع كاشف تسجيل اداء النيوترونات . ويمكن ان يؤمن المحتوى السائل ومسامية الصخور معلومات اضافية .

الغازات الخفيفة كالميثان والجوامد الثقيلة كالاسفلت . تتراوح الالوان من الاصفر مرورا بالاخضر والاحمر والاسمر حتى الاسود . والنفط الخام النموذجي يحتوي على حوالى ٨٥ ٪ من الكربون و ١٥ ٪ من الهيدروجين . اما الغاز الطبيعي فيتكون من الجزء الاقل كثافة من النفط الخام (٥) لكنه يوجد غالبا دون وجود النفط .

يعتقد ان النفط ينجم في ظروف خاصة ، عن انحلال نباتات وحيوانات وحيدة الخلية كانت تعيش منذ مئات ملايين السنين ثم انتهت الى رواسب بعد موتها . ولبعض الغازات الطبيعية اصل اكثر بساطة . فمن المحتمل ان الميثان قد تكون من تحليل البكتريات لمواد نباتية ، وهو يوجد في مناطق المستنقعات . كثيرا ما تنتقل الرواسب النفطية بعد تكونها حتى تعلق في صخور مسامية على اعماق تتراوح بين ٣٠ م و ٧٦٠٠م



(٤) - يمكن مد انابيب النفط والغاز تحت الماء (أ) او تحت الارض (ب) . تلحم معا اقسام الانابيب (٢) التي تنقل في باخرة اعداد (١) وتصور بالاشعة السينية للكشف عن الصدوع (٣) ثم تغلف بالاسمنت (٤) قبل مدها . على الارض تحفر آلة (٥) خندقا ثم تلحم الانابيب المصنوعة من حديد الزهر وتصور بالاشعة السينية (٦) وتعالج ثم تدفن في الخندق .

(٥) - الغاز الطبيعي مركب في الدرجة الاولى من الميثان وغازات هيدروكربونية عالية وبعض النيتروجين وثاني اكسيد الكربون والهيليوم احيانا . يختلف هذا التركيب من مكان الى آخر لكن كمية الميثان تشكل عادة بين ٨٥ و ٩٥ ٪ من الغاز . غالبا ما يكون استخراج الهيليوم اقتصاديا وهو يستعمل لتعبئة المناطيد . اما شوائب المركبات الكبريتية فلا بد من انتزاعها .

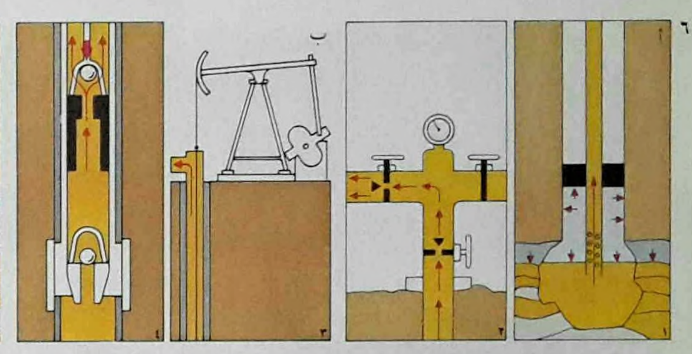
لذلك ليست الرواسب النفطية كهوفا مليئة ببحر من النفط السائل والغاز بل هي اوسع انتشارا من ذلك .

قام المنقبون الاوائل بعمليات حفر في الاماكن التي كان النفط يتسرب منها بشكل طبيعي الى سطح الارض ، اما اليوم فلا بد ان يجري التنقيب بطريقة اكثر علمية (٣) مع ان طرق التنقيب السطحية تظل في بعض الاحيان ذات فائدة .

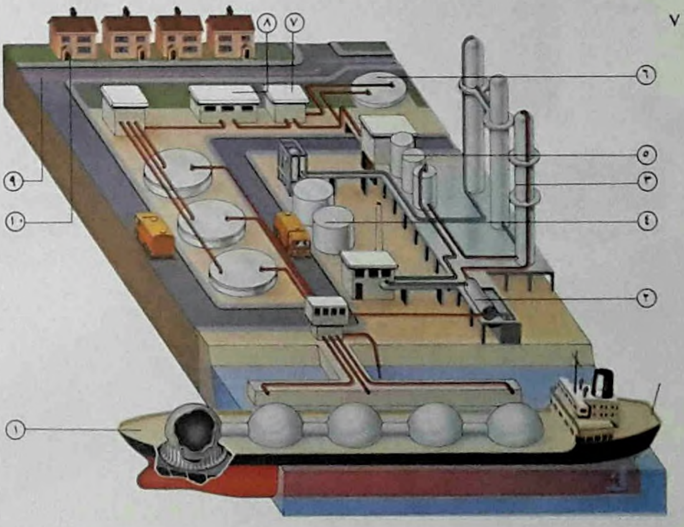
وسائل الحفر

كانت الحفارات الاولى تعمل بطريقة الطرق في ثقب جاف . فاذا وجد النفط لم يكن هناك ما يحول دون تفجره من الثقب بشكل نافورة . لكن التقنيات الحديثة تتلافى هذا الامر باستخدام حفارات دوارة (١) مغمسة في « طين » الحفر - وهو مركب خاص يملأ الثقب اثناء الحفر لاحداث ضغط يحول دون تدفق النفط .

٦



٧



(٦) - هناك طرق مختلفة لاستخراج النفط من بئر . فضغط الغاز الطبيعي (أ) على النفط يدفعه الى اعلى الثقب (١) نحو نظام الصمامات (٢) المخففة للضغط والتي تدعى شجرة الميلاد .. او (ب) يمكن رفع النفط (٣) بواسطة مضخة في قاع البئر (٤) يديرها محرك بذراع من السطح . وعندما يكاد البئر ان ينضب (ت) يمكن استخراج النفط المتبقي فيه بضخ الغاز (٥) او الماء (٦) تحت الطبقة النفطية .

(٧) - ينقل الغاز بواسطة خط انابيب او في بواخر خاصة

تدور لقمة الحفارة في اسفل انبوب مجوف من الفولاذ يضخ منه الوحل . فبينما تنقر اللقمة الصخور ينقل الوحل والقطع والحتات الى السطح . هناك يفحص العلماء الجيولوجيون الوحل للتثبت من ان طبيعة الطبقة التي مرت فيها اللقمة تتفق مع توقعاتهم . يغربل الوحل لفصل كسارة الصخور عنه ثم يعاد الى ثقب الحفر .

بعد حفر البئر يدخل فيه انبوب قطره ٢٢,٩ سم ويضخ حوله الاسمنت لسد جوانب الثقب . بعد ذلك تدخل الى العمق المناسب مجموعة متصلة من انابيب الانتاج بقطر ٧,٦ سم . تُنزل في الثقب شحنة متفجرة تدعى « ثاقبة البئر » ثم تفجر فتحدث ثقوبا في انابيب التغليف وفي الاسمنت تمكن من تدفق النفط .

النقل والتخزين

الانابيب (٤) هي اجمالا اكثر الوسائل اقتصادية لنقل النفط والغاز من الآبار الى المصافي . تصنع الانابيب من الفولاذ الملحَم بقطر ١,٢٢ م مغلفة بلباد مزفت لحمايتها ، وغالبا ما تكون مدفونة تحت الارض . وتؤمن محطات ضخ على طول الانابيب استمرار التدفق والضغط .

أما تكاليف النقل البحري فهي اغلى ثمنا . ان الناقلات الهائلة التي تستخدم لنقل النفط من الشرق الاوسط هي اضخم البواخر العائمة التي تحمل مليون برميل او اكثر . ويمكن ايضا نقل الغاز الطبيعي المسيّل بحرا في بواخر اكثر كلفة تدعى ناقلات الغاز الطبيعي المسيّل (٧) .

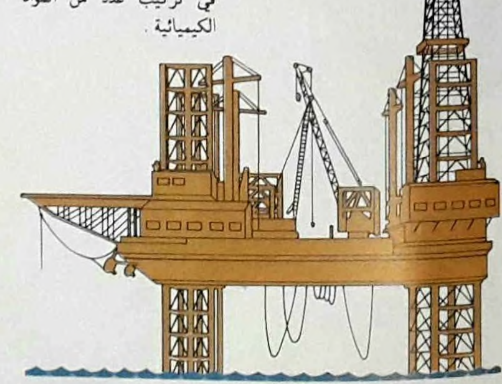
يخزن النفط عادة في صهاريج يصل عرضها الى ٣٠ م وارتفاعها الى ٩ م . ويمكن خزن الغاز الطبيعي اما في صهاريج مبردة او في كهوف تحت الارض ، تجعل كتيمة للغاز بتجميد المنطقة المحيطة بها .

هناك طريقة مثالية لتخزين الغاز باستعمال خزانات النفط والغاز المستنفذة وهي تحت الارض وعلى مقربة من المستهلكين .

(١) . قبل استعماله لا بد من تنقيته من مواد كيميائية مختلفة . يُنزع الماء والهيدروكربونات في حجرة تمدد (٢) . وينزع القلي والمركبات الكبريتية (٣) التي تُنقى وتُخزن (٤) كمنتجات ثانوية . يزال كل سائل متبق (٥) ويسيل الغاز الزائد تحت الضغط ويخزن تحت الارض (٦) . عند الحاجة الى الغاز يبخر السائل (٧) ويقاس ويضخ (٨) في شبكة توزيع على مستوى القطر كله (٩) ، ثم توزعه انابيب دقيقة (١٠) لاستهلاك المنازل والمصانع . تستورد بعض البلدان الاوروبية الغاز مصفى ومسيلا وجاهزا للتخزين .

---

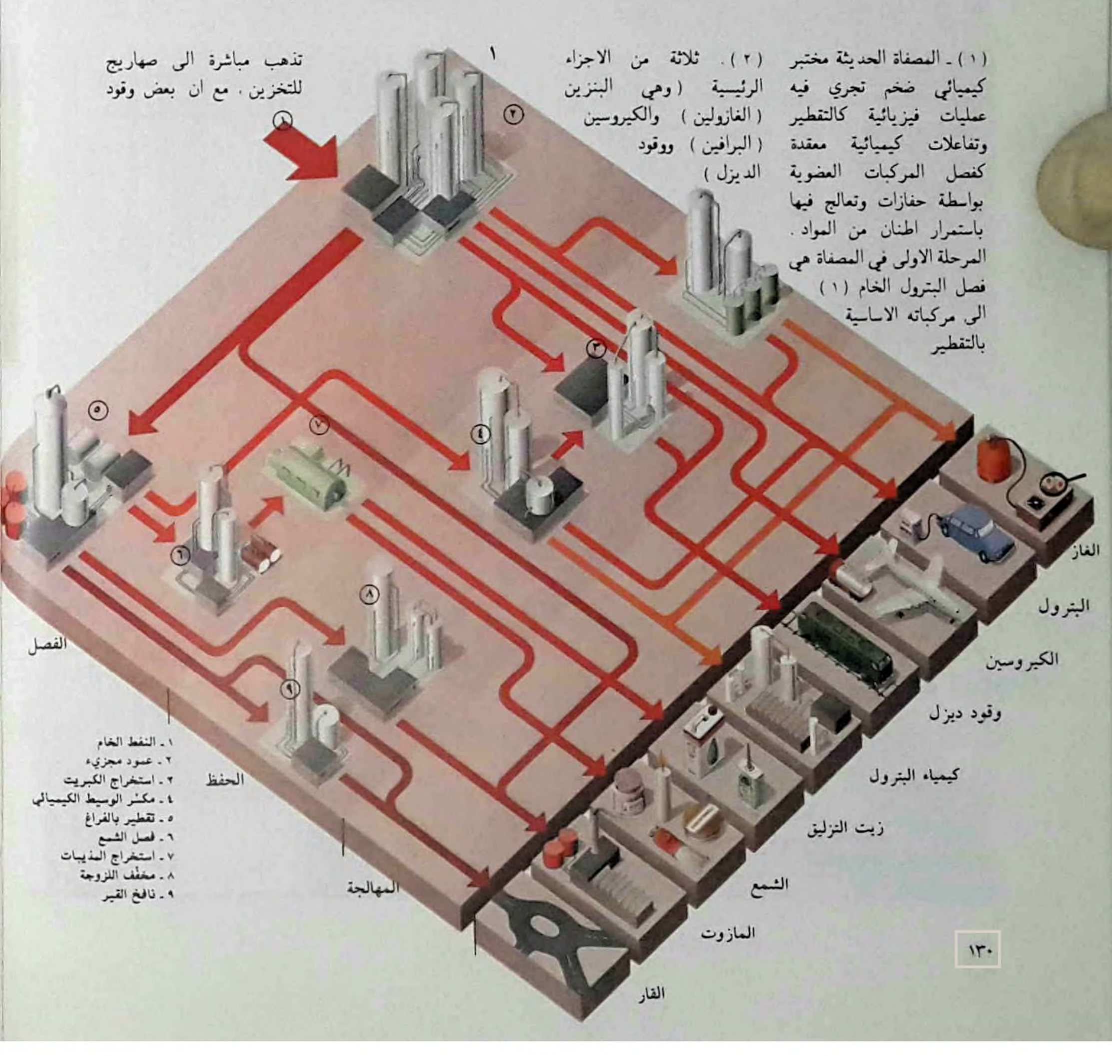
(٨) ـ كثيرا ما يوجد الغاز الطبيعي تحت قاع البحر ويستعمل مباشرة كوقود فيحرق في المنازل للتدفئة والطهي او للتدفئة الصناعية وتوليد الكهرباء . ويمكن ايضا ان يعالج الغاز كمادة خام في الصناعة البتروكيميائية ويدخل في تركيب عدد من المواد الكيميائية .



تكرير البترول

البترول الخام (الذي عادة ما يدعى البترول اي الزيت الصخري) هو مصدر للعديد من المنتوجات الكيميائية كاللدائن (البلاستيك) ومستحضرات التجميل واللواصق والأدوية ومواد التلميع والاصبغة والمتفجرات ومبيدات الحشرات . انه مزيج معقد يحتوي على مئات المواد الكيميائية المختلفة التي تدعى هيدروكربونات لأنها مركبة من الهيدروجين والكربون . من الناحية الفيزيائية ، البترول سائل لزج قابل للاشتعال يختلف لونه من الاصفر الى الاخضر والاسمر والاسود وقد يكون ايضا فلوريا . اما تركيبه فيختلف كثيرا من مصدر الى آخر .

قد تكون الهيدروكربونات برافينية



(١) ـ المصفاة الحديثة مختبر كيميائي ضخم تجري فيه عمليات فيزيائية كالتقطير وتفاعلات كيميائية معقدة كفصل المركبات العضوية بواسطة حفازات وتعالج فيها باستمرار اطنان من المواد . المرحلة الاولى في المصفاة هي فصل البترول الخام (١) الى مركباته الاساسية بالتقطير

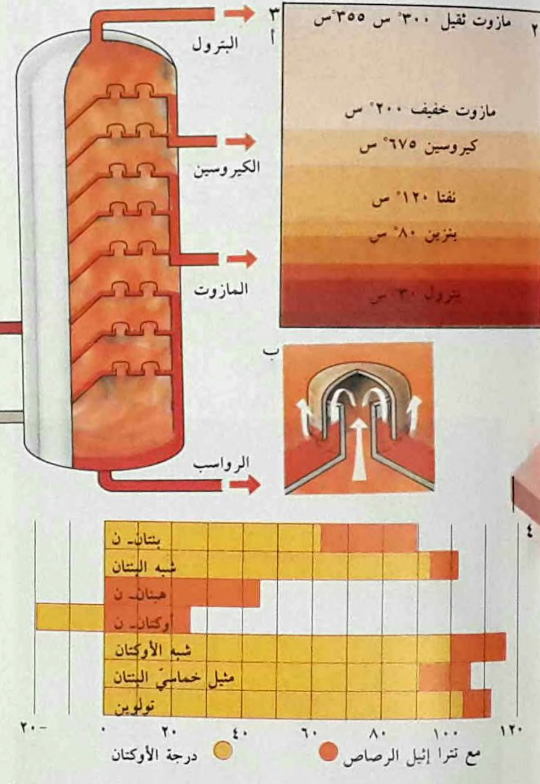
(٢) . ثلاثة من الاجزاء الرئيسية (وهي البنزين (الغازولين) والكيروسين (البرافين) ووقود الديزل)

تذهب مباشرة الى صهاريج للتخزين ، مع ان بعض وقود

(شمعية) (مركبات غير حلقية صيغها العامة (C_nH_{2n} 2) او نفثينية (برافينات حلقية اكثرها بنتينات حلقية (C_5H_{10}) او هكسينات حلقية (C_6H_{12}) ومشتقاتها او مركبات عطرية (اروماتية) .

كيف يكرر (يصفى) البترول

يكرر البترول الخام في المصافي (معامل التكرير) (١) . في اول الأمر يجزأ مزيج الهيدروكربونات الى مركبات مختلفة (تدعى الاجزاء) . تغلي الهيدروكربونات المختلفة بدرجات حرارة مختلفة ، لذا يمكن فصل المزيج بالتقطير التجزئي بحيث تغلي الاجزاء وتتكثف وتنفصل على مستويات مختلفة في عامود مجزىء قائم (٣) . بعد ذلك يمكن تصفية هذه الاجزاء او تحويلها كيميائيا وفي بعض الاحيان اعادة مزجها بالاجزاء المصفاة لتحسين نوعيتها . الاجزاء



الديزل يحتاج الى تنقيته من الكبريت (٣) . يمر قسم من جزء الديزل الثقيل الى « وحدة تكسير » محفزة (٤) يتجزأ فيها الى بنزين أخف والى غاز . تعالج الاجزاء الثقيلة ايضا بعد التقطير . تنتج وحدة تقطير مفرغة (٥) المازوت وزيت التزليق الذين ينزع منهما البرافين الجامد (٦) . ويمكن ايضا استعمال مذيبات (٧) لاستخراج هاتين المادتين وتعدل لزوجة المازوت (٨) . اثقل الاجزاء هو القار (٩) وهو مادة قطرانية لتزفيت الطرقات .

---

(٢) ـ يختلف تركيب البترول الخام باختلاف مصادره . يبين هذا الرسم البياني تركيب عينة نموذجية ودرجة غليانها . كل المواد المذكورة هي هيدروكربونات ـ مركبات من الهيدروجين والكربون ـ مع انها تحتوي عادة على عناصر اخرى كالكبريت (وهي شوائب) لا بد من ازالتها للحد من التلوث عندما يحرق الوقود .

---

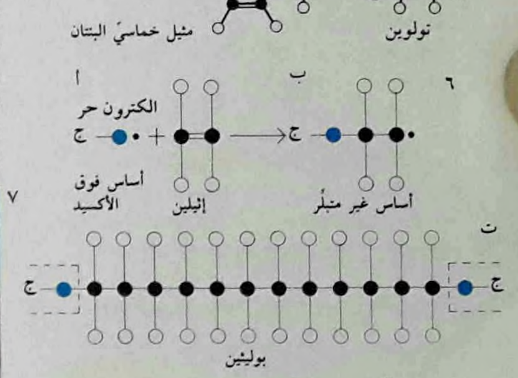
(٣) ـ عامود التكسير (أ) هو وحدة تقطير يتجزأ فيه البترول الخام الى مركباته الاساسية . يحمل البخار المسخن جدا البترول على الغليان ويتراكم البخار في مستويات مختلفة من العامود ثم يتكثف الى سائل في احواض افقية ويسيل الى جانبها . تمكن سلسلة من اكواب الفقاقيع (ب) الابخرة من الارتفاع ولكنها تحول دون انسياب السوائل المتكثفة . اكثر العناصر تطايرا هو الغاز الشبيه في تركيبه بالغاز الطبيعي . تحتوي الاجزاء التالية على انواع من الوقود السائل والمذيبات كالبنزين والكيروسين والبنزول وزيت الوقود المنزلي . الزيوت الثقيلة ذات درجات الغليان المنخفضة تستعمل كوقود لمحركات ديزل البحرية وكزيوت مزلقة . اما المركبات الجامدة فتشمل شمع البرافين (وهو هيدروكربون يعرف ايضا بالبرافين) والقار وهو مادة قطرانية .

---

(٤) ـ عيار الاوكتان عند وقود محرك ـ مازوت او بنزين ـ هو قياس لفعاليته في المحركات الحديثة . الهيدروكربونات ذات السلاسل المتفرعة او البنيات الحلقية (انظر الشكل ٤) هي اكثر جودة من المركبات ذات السلسلة المستقيمة .

الثمانية الرئيسية وفقا لترتيب درجة غليانها هي غازات البترول (التي تصرف من قمة العامود) والبترول (البنزين) والكيروسين (الكاز او زيت البارافين) ووقود الديزل وزيت التزليق وزيت الوقود (المازوت) والشمع (جميعها تزال بالتقطير) وراسب قاري يفرغ من اسفل العامود . للوصول الى درجة التجزئة الضرورية للحصول على مجموعة كبيرة من المنتجات البترولية يمر البترول في سلسلة من الاعمدة المجزئة تكيف الكميات النسبية ـ والخواص ـ وفقا لحاجات السوق . ولما كان عدد السيارات في تزايد مستمر فالطلب على البترول يتزايد ايضا . وكذلك تضخمت سوق الكيروسين مع استخدام هذا الوقود للطائرات النفاثة .

وللحصول على مزيد من المرونة في عملية التكرير يعمد الى عملية التكسير ، اي تكسير الجزيئات الكبيرة الى جزيئات اصغر



(٥) ـ تأخذ هيدروكربونات البترول شكل جزيئات قد تكون خطية او على شكل سلسلة طويلة (لها « عمود فقاري » من ذرات الكربون مع فرع أو بدون تفرع او حلقية بشكل اساسي اي ان اكثر ذرات الكربون تكون في حلقة) . تحدد احجام الجزيئات واشكالها الميزات كنقطة الغليان والرقم الأوكتاني اعيار الوقود . يغلي الهيبتين العادي ذو السلسلة المستقيمة بدرجة ٩٨،٤ مئوية بينما يغلي شبيه الاوكتان ذو السلسلة المتفرعة بدرجة ٩٩،٣ مئوية . وشبه الاوكتان وقود جيد الصنف لكن للهيبتين العادي عيارا (قيمة) منخفضا . اما جزء بنتين متيل الحلقي فله حلقة من الكربون مؤلفة من خمس ذرات وللتولوين حلقة من ست ذرات .

(٦) ـ يمكن استخراج الهيدروكربونات البسيطة كالاثيلين من منتجات البترول النافعة لصنع اللدائن كالبوليثين وصنع المنظفات . يمكن ضغط الترابط الثنائي في الاثيلين (أ) وتفاعله مع جذر (ج) للحصول على مركب ناشط (ب) يمكنه ضغط ترابطات ثنائية اخرى تكرارا واعطاء مبلمر طويل السلسلة وهو من اللدائن (ت) . ان الجذور الطويلة السلسلة من هذا النوع يمكن تفاعلها مع حامض لتشكيل المنظفات .



(٧) ـ تستقبل مصفاة البترول الزيت الخام مباشرة من الآبار او من ناقلات البترول وتحوله الى بنزين او الى انواع اخرى من الوقود والى مواد اولية لصنع المواد الكيميائية .

منها . بهذه الطريقة يمكن ان تتحول الاجزاء الثقيلة كتلك المستعملة في وقود الديزل الى بنزين . لتحسين نوع اجزاء البنزين يمكن تهذيبه بعملية يمزج فيها مع الهيدروجين ويسخن مع مواد مساعدة (حافزة) . يعاد تنظيم جزيئات الهيدروكربون المستقيمة السلسلة الى بنيات حلقية تأتي بناتج افضل في محركات السيارات . ثم يعاد تكسير المزيج الذي يتم الحصول عليه .

عمليات التحويل

يمكن اخضاع الجزيئات الصغيرة الى عمليات تفاعل تجعل منها جزيئات اكبر للحصول على البنزين . وهناك طرق اخرى ترمي الى ازالة الشوائب (٢) . هذه الطرق لها اهمية كبرى نظرا للقلق المتزايد الناجم عن تلوث الجو . فينزع الكبريت مثلا بمعالجة المادة الخام بالهيدروجين .

كانت المواد الكيميائية تصنع في بادىء الامر من فائض غازات المصافي . ما تزال هذه الغازات احد مصادرها ، تدعمها مصادر اخرى هي الغازات (ولا سيما الاثيلين والبروبيلين) الناجمة عن تكسير الاجزاء البترولية ، خاصة نفتا البترول . وتصنع بعض المواد الكيميائية ، كالتولوين ، خلال عملية التكرير وتنتج ايضا البوتيلينات التي يمكن تحويلها الى البوتادايين اساس المطاط الاصطناعي .

مشتقات البترول

الاثيلين (٦) والبروبيلين هما المادتان الكيميائيتان الاساسيتان الاكثر اهمية . تتبلمر (تتضاعف اصولها) « كتل البناء » هذه مباشرة لتشكل لدائن البوليثيلين والبوليبروثيلين . ويحول الاثيلين ايضا الى مواد مثل كلورور البوليفينيل والبوليستيرين ومقاوم التجمد والبوليسترات والكحول الاثيلي ويستعمل بعضها لصنع المطاط الاصطناعي . تشمل مشتقات البوليبروبيلين المواد المذيبة (المذيبات) والالياف الاكريلية والبولي بورثيان واللدائن الرغوية والنيلون ومواد تدعى ملدِّنات تستعمل لاضفاء مرونة على الدهان والاصباغ التي تكون قصيفة لولاها .

في الدرجة الثانية من الاهمية تأتي المركبات العطرية (الارومية) : البترول (البنزين) والتولوين والزيلينات (المركبات الثنائية المثيل) . ان مصدر هذه المركبات الاساسي هو تهذيب كيميائي محفّز لكن بعضها يتكون خلال تكسير خاص للنفتات بعد معالجة جزء البنزين بالهيدروجين . تنتج هذه العملية كمية فائضة من التولوين فيحول الفائض الى بنزول يصنع منه النيلون والبوليستيرين والمطاط الاصطناعي والراتنجيات والمنظفات . والتولوين ايضا هو اساس لصنع المذيبات والراتنجات البولي بوريثانية . وفي درجة اعلى من السلسلة تستعمل الزيلينات لصنع الياف البوليستر والملدّنات .

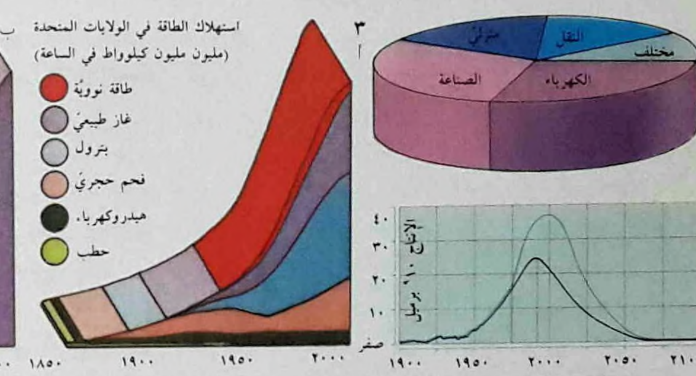
الكيروسين (الذي كان يعرف سابقا بزيت البرافين) هو مشتق من البترول يستعمل للتدفئة المنزلية والمصابيح ووقودا للمحركات النفاثة .

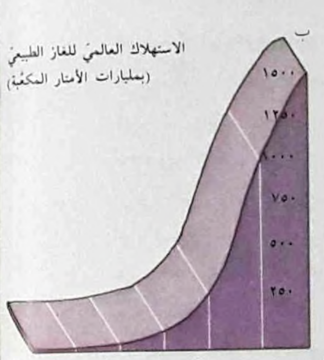
يؤمن البترول اكثر من ٩٠ ٪ من اللدائن والراتنجات والمطاط الاصطناعي والالياف (باستثناء الالياف المصنوعة من السلولوز) والمذيبات الكيميائية وحوالى ٥٠ ٪ من المنظفات المستعملة في العالم .

توفير الوقود والطاقة

يقول لنا التاريخ ان الانسان لم يستخدم موارد الطاقة المتوافرة لديه الا بقدر ضئيل من الفعالية . فالمحرك البخاري ، الذي يعتبر احد اركان الثورة الصناعية ، لم يكن يحول الى قوة الا بعض اجزاء المئة من الطاقة التي يستهلكها . كذلك كانت محطات الطاقة المزودة بعنفة بخارية تفقد ٩٥٪ من طاقة الفحم الذي تحرقه .

لم تكن الفعالية ذات اهمية طالما كان الوقود - اي الطاقة - رخيصا . ولكن منذ ان ارتفعت اسعار الفحم الحجري والنفط بشكل ملحوظ ، بذلت دول عديدة المزيد من الجهد لتوفير الطاقة ، لاسيما انواع الوقود الاحفورية





(١) - تستعمل البلدان الصناعية القسم الاكبر من الطاقة لتوليد الكهرباء ، لكن بعضها يبذّر الطاقة اكثر من بعضها الآخر .

(٢) - لن يدوم الاحتياطي من النفط الى الابد . يستند هذا الرسم البياني لترقبات استهلاك النفط على تقديرين اثنين للاحتياطي الكلي (٢١٠٠ مليار و ١٣٥٠ مليار برميل) . يبين كل من التقديرين زيادة في الانتاج حتى نهاية هذا القرن واستنفادا كليا للاحتياطي قبل عام ٢١٠٠ . تشير المناطق الموجودة تحت المنحنيين الى حجم الاحتياطي ، والبرميل المعتمد هو البرميل المعياري الذي يسع ١٥٩ لترا .

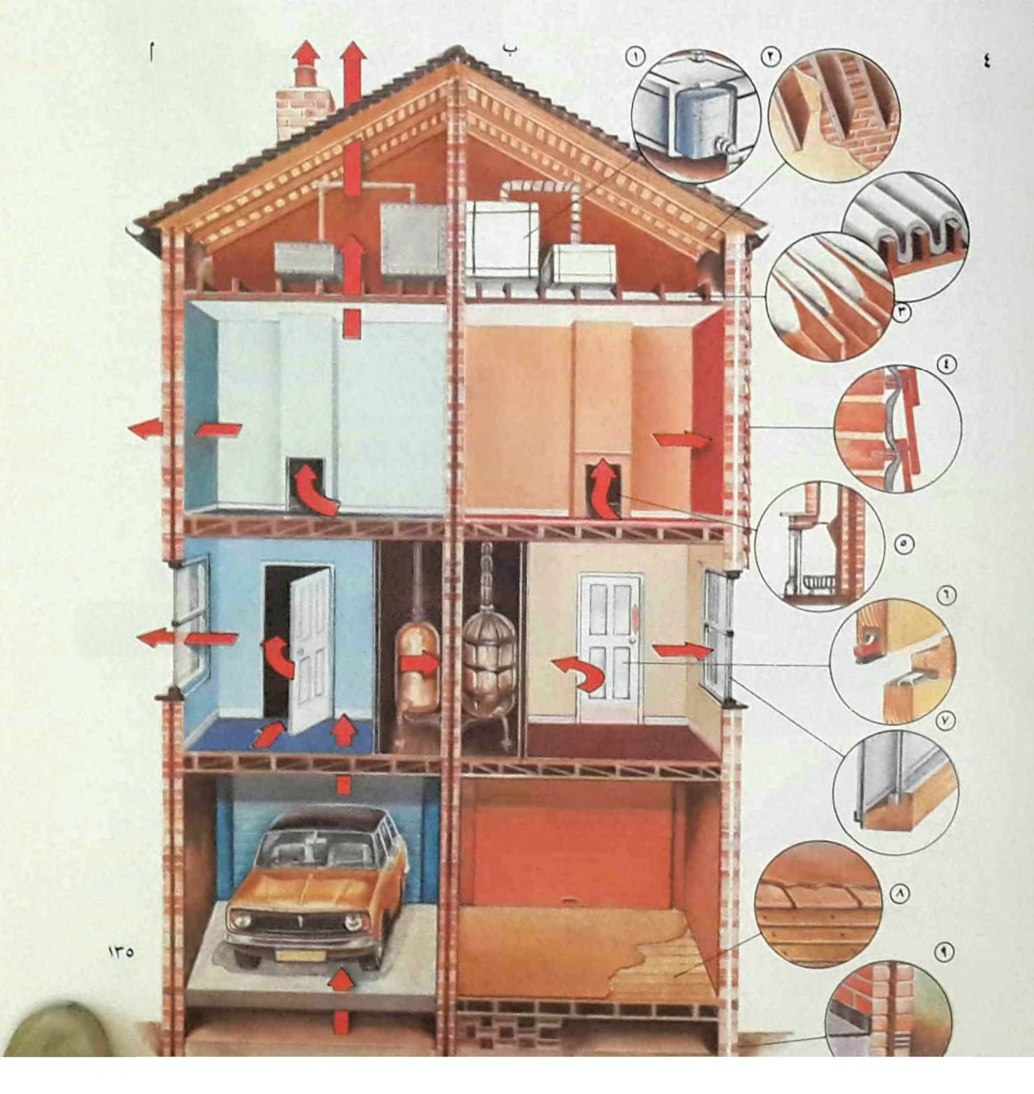
(٣) - يبلغ الآن استهلاك الغاز الطبيعي ، الذي يؤمن حوالى ٢٠٪ من الطاقة العالمية ، ثلاثة اضعاف ونصف الضعف لما كان عليه قبل ١٠ سنوات . على هذا المعدل سينفد الاحتياطي العالمي المعروف (حوالى ٣٢٠٠٠ مليون م٣) بعد حوالى ٢٠ سنة . وحتى لو تم اكتشاف احتياطي للغاز الطبيعي ، فسينفد هذا ايضا كوقود بعد حوالى ٥٠ سنة . يقارن هذان الرسمان البيانيان بين استهلاك مختلف انواع الطاقة في الولايات المتحدة (أ) ومجموع استهلاك الغاز الطبيعي في العالم (ب) . هناك عامل مهم جديد في الولايات المتحدة وفي سواها ، هو الرجوع الى الفحم الحجري كوقود .

(٤) - في البيوت العادية ، يتبدد قسم كبير من الطاقة بتسرب الحرارة الى الخارج من خلال الجدران والنوافذ والسقوف . الوسيلة المثلى للمحافظة على الحرارة هي العزل والتدفئة الفعالة (وافضلها التدفئة المركزية) . المنزل في (أ) ليس معزولا ويعتمد على تدفئة بنار مكشوفة يؤمنها احتراق الفحم العادي . اما المنزل في (ب) ، فخزانات الماء البارد (١) فيه والقساطل تحت سطحه مغلّفة وقرميده معزول باللباد او الورق (٢) ، ووصلات سقفه بصوف الزجاج (٣) ، ويؤمن قرميد على الحائط الخارجي (٤) عزلا اضافيا لغرف النوم . كما ان الموقد (٥) فيه مقفل والغرفة مدفأة بالكهرباء او بالتدفئة المركزية . كذلك تخفف تبدد الحرارة من الغرفة وصلات من اللباد وضعت حول الباب (٦) فضلا عن الزجاج المزدوج (٧) . أخيرا تعزل ارضية من الخشب (٨) المراب عن الاساسات . وتخفف رغوة لدائنية (٩) تسرب الحرارة من فراغات الجدران .

كالنفط (٢) والمواد الوقودية المشتقة منه . غير ان الجهود المبذولة لتحقيق ذلك لم تعط حتى الآن نتائج ذات شأن .

اوجه استخدام الطاقة

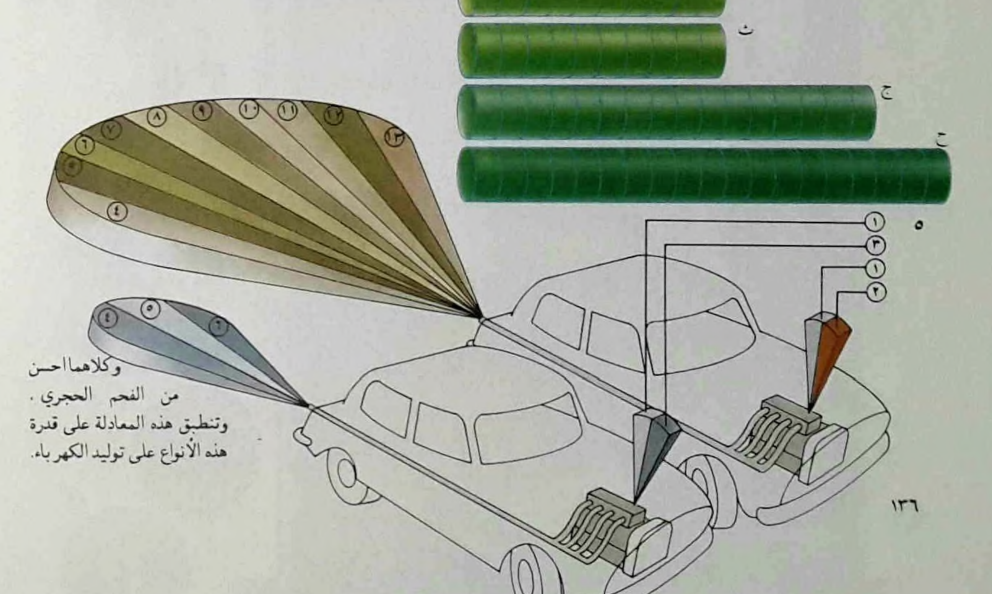
في الاقتصاديات الحديثة ، يستهلك الجزء الاكبر من الطاقة في اربعة اوجه استخدام رئيسية ، تدفئة المنازل وتسخين الماء فيها ، وتأمين الحاجات التجارية والصناعية ، والنقل ، وتوليد الكهرباء (١) . الاحصائيات البريطانية نموذجية من هذا القبيل . فالكمية الكلية للطاقة الاولية المستهلكة في بريطانيا كانت في عام ١٩٧١ تساوي ٣٣٢ مليون طن من الفحم الحجري ، او بالاحرى اكثر من ٥ اطنان من الفحم لكل رجل وامرأة وطفل في البلد ، بينما كانت الكميات المقابلة في بلدان اوروبية اخرى تبلغ ما يعادل ٣,٣ اطنان في فرنسا و ٤,٥ اطنان في المانيا



الغربية و ٢,٣ اطنان في ايطاليا . واذا ما اخذنا الاحجام المختلفة لاقتصاديات البلدان الاربعة بعين الاعتبار ، نلاحظ ان بريطانيا تستهلك من الطاقة اكثر بكثير مما يستهلكه اي من البلدان الاخرى لتأمين ما قيمته جنيه واحد من الانتاج الصناعي .

تحسين الانتاج

الكهرباء انسب اشكال الطاقة ، لكنها من اقلّها فعالية . لقد ارتفعت فعاليات العنفة البخارية من ٥٪ في مستهل هذا القرن الى حوالى ٣٥٪ في منتصف السبعينات في اكبر محطات توليد الطاقة ، لكن هذا ما يزال يعني ان ٦٥٪ (حوالى الثلثين) من الفحم الحجري او المازوت المحروق في المحطات تذهب سدى . كذلك لا يتعدى مردود انتاج التيار الكهربائي في الشبكة البريطانية ، بما في ذلك الخسارة الناجمة عن النقل ، ٢٧٪ .



٦ فعالية أنواع الوقود المختلفة

(٥) - للسيارات المجهزة بمحرك يعمل بالبنزين مردود قليل ، وهي تحدث كميات وافرة من مواد التلوث . اما السيارات المجهزة بمحرك يعمل بالهيدروجين ، فهي اكثر فعالية منها وتكاد لا تحدث تلوثا . تستخدم السيارة التي تدار بالبنزين الهواء (١) والبنزين (٢) وتعتق هواء (٤) وماء (٥) واكسيدات الازوت (٦) والكربون (٧) وثاني اكسيد الكربون (٨) واول اكسيد الكربون (٩) ومركبات الرصاص (١٠) وثاني اكسيد الكبريت (١١) والهيدروكربون (١٢) والالدهيدات (١٣) . اما السيارة التي تدار بالهيدروجين ، فهي تستخدم الهواء (١) والهيدروجين (٣) ولا تعتق الا الهواء (٤) والماء (٥) واكسيدات الازوت (٦) . صنعت سيارات اختبارية وقودها من الهيدروجين تستعمل قناني هيدروجين أو هيدريدا معدنيا يتحلل عند تسخينه ويعطي هيدروجينا .

(٦) - الغاز الطبيعي اكثر انواع الوقود فعالية للتدفئة . يقارن هذا الرسم بين كميات الطاقة التي ينتجها احتراق كيلوغرام من الفحم الحجري (أ) والحطب (ب) وغاز الفحم الحجري (ت) والانتراسيت (احسن انواع الفحم الحجري) (ث) والبترول (ج) والغاز الطبيعي (ح) . يمثل كل خط عدد لترات الماء التي يمكن لكل نوع من الوقود ان يجعلها تغلي . يساوي الانتراسيت غاز الفحم الحجري وكلاهما احسن من الفحم الحجري . وتنطبق هذه المعادلة على قدرة هذه الأنواع على توليد الكهرباء .

وهناك خسارة اخرى تحصل ، وذلك عند تحويل الكهرباء الى حرارة ، فينخفض مردود الكهرباء المستعملة للتدفئة الى ٢٢٪ ، بينما يزيد هذا المردود في التدفئة بالغاز الطبيعي او بالمازوت على ٦٠٪ . مع ذلك تظل الكهرباء تؤدي خدمات لا يؤديها الغاز ولا المازوت . فهي تدير عددا كبيرا من الادوات المنزلية كالألكتروفونات واجهزة التلفزيون وتؤمن انارة فورية ونظيفة وفعالة .

بذلت عدة محاولات لتحسين المردود الكلي لتوليد الكهرباء . فهناك التدفئة المحلية التي تستخدم فيها الحرارة الضائعة من محطات التوليد لتدفئة المنازل والمصانع مباشرة . في افضل الظروف يمكن هكذا الحصول على مردود كلي يصل الى ٧٥٪ ، لكن هذه الحسابات النظرية تفترض انتاج الكهرباء والحرارة في وقت واحد . فيما تدل الحسابات الواقعية في التدفئة المحلية على ان المردود الحقيقي يبقى في حدود ٤٥٪ . كانت السويد رائدا في انتاج الكهرباء والحرارة معا . فمدينة فستراس ، التي يبلغ عدد سكانها حوالى ١٠٠ ٠٠٠ نسمة ، تتلقى من محطة واحدة ٦٠٠ ميغاواط من الحرارة و ٣٠٠ ميغاواط من الكهرباء .

اما في صناعتي النقل والكهرباء ، فاكلاف الطاقة باهظة . لذلك يعمل فيهما كل ما يمكن لتوفير النفقات . لكن القسم الكبير من الطاقة الاولية - ١٧٪ - لا يزال يستهلك في المنازل .

توفير الطاقة والتلوث

يمكن توفير الطاقة بطرائق شتى . ففي المنازل ، اذا سدت شقوق الابواب والنوافذ ، واستعمل الزجاج المزدوج ، وعزلت الشرفات ، وملئت الفراغات في الجدران بمادة عازلة ، غدا بالامكان تخفيض استهلاك الطاقة الى النصف (٤) . كذلك اذا استعملت سيارات النقل المشترك بمحرك واحد التي تنقل ما لا يقل عن ٤٠ شخصا بدلا من السيارات التي تنقل ثلاثة اشخاص او اربعة ، فان ذلك يؤدي ايضا الى وفر في الوقود .

يؤدي ايضا استهلاك الطاقة وتوليد الكهرباء الى التلوث . لكن في بعض الحالات قد تتعارض الحاجة الى الحد من الاستهلاك مع الحاجة الى تخفيف التلوث ، كما يظهر ذلك بوضوح في السيارات . فلأسباب صحية يكون من المستحب تقليل كمية مركبات الرصاص المضافة الى البنزين (٦) لتخفيف تلوث البيئة بالرصاص . لكن البنزين المحتوي على الرصاص اكثر فعالية في المحركات الحديثة العالية الاداء ، فتؤدي ازالة الرصاص منه الى زيادة في استهلاك الوقود .

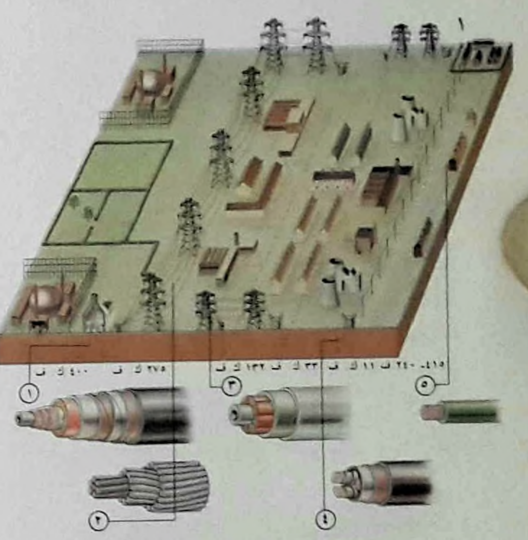
على هذا المنوال ، لقد خف تلوث المدن من جراء زيادة استهلاك الكهرباء ، ولكن لم يتم ذلك بدون ثمن . فالوقود المستعمل في محطات توليد الطاقة لتأمين البخار لعنفات المولدات كان من الممكن بدلا من ذلك استعماله في المنازل لتدفئتها ، ويكون استعمال هذا الوقود لهذه الغاية اكثر فعالية ، ولكن ذلك يزيد كثيرا في التلوث والازعاج . لذلك تبنى محطات توليد الطاقة عادة بعيدا عن المناطق المكتظة بالسكان بحيث تبدد المداخن العالية التلوث الناشىء عن ذلك فلا تتجمع الغازات وثاني اكسيد الكربون في الجو .

توليد الكهرباء وتوزيعها

تنشأ الكهرباء التي تسد انواعا كبيرة من حاجات المنازل والمكاتب والمصانع من محطات لتوليد الطاقة. تحتوي هذه الابنية الضخمة على مولدات كهربائية ومحركاتها ومحولات كهربائية ومجموعة مفاتيح. وهي تحول طاقم الفحم الحجري او النفط او الغاز الطبيعي او الطاقة النووية الى طاقة حرارية ثم الى كهرباء على نطاق واسع. وذلك للاستفادة الى اقصى حد من المحطة وموقعها والاعمال الهندسية التي تتطلبها.

مع ذلك تبقى عملية توليد الطاقة الكهربائية غير فعالة بما فيه الكفاية، غير انها جيدة اذا قورنت مع انواع الطاقة الاخرى المستعملة. ففي محطات توليد الطاقة التي

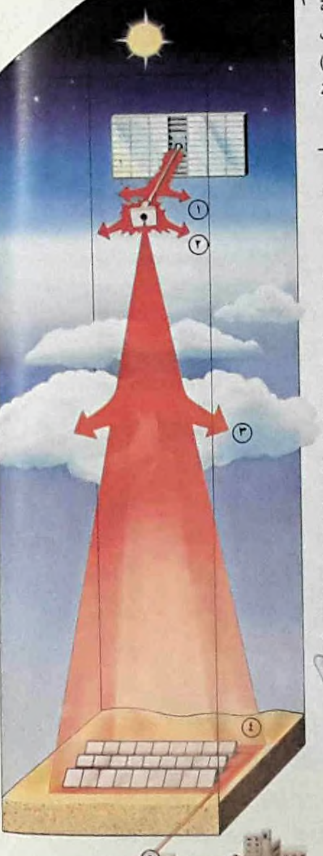
١



(١) - يتم نقل الكهرباء من محطة التوليد الى المستهلكين عبر شبكة من الخطوط الهوائية او الكبلات التحت ارضية ذات فلطيات مختلفة. وبما ان الفلطيات المنخفضة تؤدي الى خسارة المزيد من الطاقة لا بد من رفع الفلطية الى اعلى درجة ممكنة ضمن حدود الأمان. في الشبكة التحت ارضية النموذجية تستعمل الكبلات (١ و ٣) الزيت واللدائن والمواد المشابهة من اجل العزل بينما تظل الموصلات الهوائية (٢) عارية لأن الهواء يعمل كعازل. ينقل سلك مغلف بشريط قماشي (٤) الطاقة الى محطة فرعية محلية ثم توزع بواسطة كبلات (٥).

(٢) - كانت طاقة الرياح شائعة الاستعمال في اوروبا حتى ظهور انواع الوقود الرخيصة. تحتاج الطواحين الهوائية الى صفائح كبيرة ورياح ثابتة لكنها اذا وصلت بمراكم (بطاريات تخزين) تستطيع ان تؤمن طاقة رخيصة.

٣



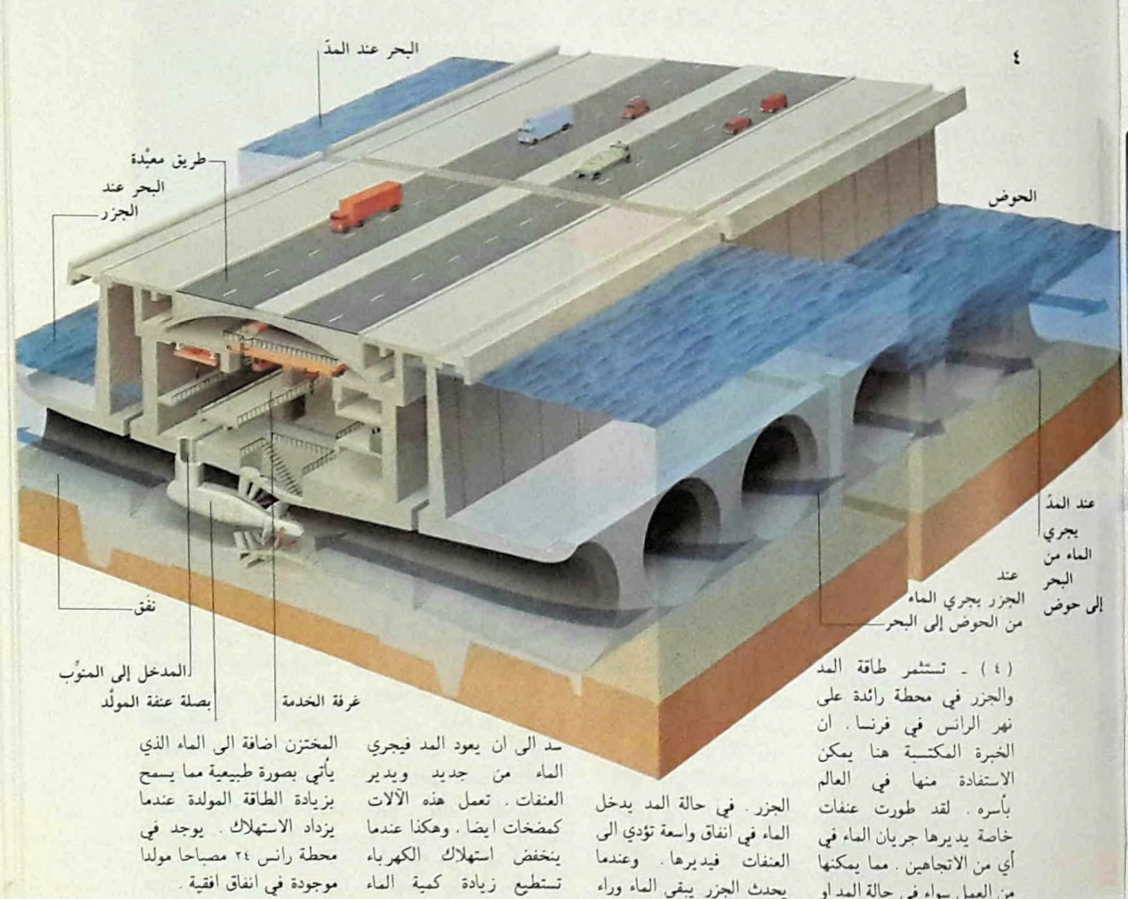
(٣) - اللوحة الشمسية في مدار نصف ثابت هي جهاز مقترح لاستخراج الطاقة من الشمس. ففي منأى عن جو الارض تكون الخلايا الشمسية تحت اشعة الشمس مباشرة دون تأثير الغبار وبخار الماء والجو عليها. تنقل الكهرباء (على شكل تيار مطرد او مستمر) التي تولد في اللوحة عبر موصل قصير (١) الى جهاز لتحويله الى موجات متناهية الدقة (٢). بعد خسارة ضئيلة في الجو (٣) تصل الموجات الدقيقة الى لوحات تجميع كبيرة (٤) ثم تنقل الى محطة (٥) لتحويلها الى تيار متناوب.

٢

تستعمل وقودا أحفوريا (من غاز او نفط) يضيع حوالى ثلثي الطاقة الحرارية على شكل حرارة تتبدد في الجو او في المنطقة المجاورة ولا يستعمل في الواقع لانتاج الكهرباء الا اكثر من الثلث بقليل . وهناك تبديدات اضافية تحدث عندما ينقل التيار في شبكة التوزيع (١) . عندما يستعمل المستهلك هذه الطاقة الكهربائية يكون ذلك على الارجح لتحويلها الى حرارة اما عن قصد او عرضا في بعض العمليات الاخرى . على الرغم من عدم اكتمال هذه الطريقة فهي تبقى احسن وسيلة لتأمين الطاقة لآلاف الحاجات المختلفة في المنازل والمصانع . وهي عند استعمالها تكون نظيفة وملائمة واكثر امانا من اي شكل آخر من مصادر الطاقة التي اكتشفت حتى الآن .

اشكال التوليد البديلة

هناك بعض الاستثناءات الهامة للاستثمار

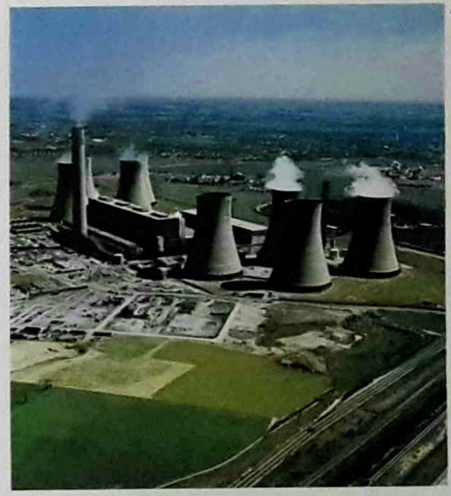


(٤) - تستثمر طاقة المد والجزر في محطة رائدة على نهر الرانس في فرنسا . ان الخبرة المكتسبة هنا يمكن الاستفادة منها في العالم بأسره . لقد طورت عنفات خاصة يديرها جريان الماء في أي من الاتجاهين . مما يمكنها من العمل سواء في حالة المد او الجزر . في حالة المد يدخل الماء في انفاق واسعة تؤدي الى العنفات فيديرها . وعندما يحدث الجزر يبقى الماء وراء السد الى ان يعود المد فيجري الماء من جديد ويدير العنفات . تعمل هذه الآلات كمضخات ايضا . وهكذا عندما ينخفض استهلاك الكهرباء تستطيع زيادة كمية الماء المختزن اضافة الى الماء الذي يأتي بصورة طبيعية مما يسمح بزيادة الطاقة المولدة عندما يزداد الاستهلاك . يوجد في محطة رانس ٢٤ مصباحا مولدا موجودة في انفاق افقية .

غير الاقتصادي للوقود في توليد الكهرباء . فمثلا عندما يتم الحصول على الطاقة بواسطة آلات يسيرها الماء المنحدر من سد او بواسطة حركة المد والجزر (٦) لا يكون هناك اي تبديد للوقود . وهناك طرق اخرى اقل شيوعا تستخدم الطاقة الشمسية (٢) او قوة الرياح (٤) . ان الكلفة الاجمالية لبناء السدود من اجل المشاريع الكهرمائية او لوضع الخلايا التي تحول ضوء الشمس الى كهرباء مرتفعة جدا . لكن الاستنفاد السريع لمصادر الوقود الاحفوري وتزايد التلوث الناجم عن محطات الطاقة الحرارية هما عاملان قد يطغيان مع الزمن على الاعتبارات الاقتصادية الصرفة . وعندما تجعل الضغوط السياسية الوصول الى احتياطي الوقود الاحفوري من الامور الصعبة ، تصبح الحجة الاقتصادية لتطوير انظمة تستعمل اشكالا اخرى من الطاقة اكثر قوة .

لهذا السبب اصبحت المحطات النووية

٥



(٥) - تستخدم المحطات الحرارية البخار لادارة مولداتها . حتى حوالى منتصف الخمسينات كان الحصول على البخار يتم باحراق النفط او الفحم الحجري او الليجنيت (الفحم البني) . في الآونة الاخيرة استعملت المفاعلات النووية كمصادر للحرارة . يمر البخار تحت ضغط قوي في عنفات مثبتة مع المولدات على عمود دوران واحد . عندما تدور هذه الآلات الضخمة تولد الكهرباء . وبما ان استهلاك الكهرباء يتغير من ساعة الى ساعة لا بد ان يتبع تزويد المولدات بالبخار استهلاك الحمل المطلوب . وهناك حاجة الى قدرة سريعة لتوليد البخار من اجل تلبية طلبات ذروة الاستهلاك ، كما انه لا بد من التنبؤ بحاجات التموين بالاستناد الى الخبرة السابقة .

٦



(٦) - تتم مراقبة توزيع الكهرباء في انجلترا من غرفة في لندن . فالبلد مقسم الى عدد من المناطق أشير اليها على الخريطة بألوان مختلفة . تتحمل كل من هذه المناطق مسؤولية توليد الطاقة ونقلها وتقع جميعها تحت سلطة مركز المراقبة القومي . وبما ان المناطق متصلة معا بالشبكة من المناسب احيانا ارسال الطاقة من منطقة الى اخرى لا سيما اذا حدثت اعطال في بعض المولدات . اما المناطق التي يكون الوقود فيها مرتفع الثمن فهي تفضل استيراد بعض الطاقة . ان المحطات النووية اقل المحطات كلفة وهناك محاولات لتشغيلها ٢٤ ساعة في اليوم اضافة الى مصادر أخرى عند الحاجة . وفي غرفة المراقبة المركزية ، على المهندسين ان يحاولوا تقييم اكثر السبل اقتصادية في استعمال المصادر الاقليمية ، آخذين بعين الاعتبار بعض العوامل كالأحوال الجوية واسعار الوقود وفعاليات المحطات وقدرة الكبلات . وهم على اتصال دائم مع المراكز الاقليمية كما يستطيعون استعمال المعلومات التي توفرها لهم الحاسبة الالكترونية . ليست الخريطة الجدارية سوى دليل عام . وهناك لائحة على مكتب المهندسين تضبطها حاسبة الكترونية وتبين بالتفصيل اوضاع خطوط النقل الكهربائي وحالة الاجهزة وسعة حمل الكبلات في كل جزء من اجزاء الشبكة القومية .

لتوليد القدرة تستعمل بشكل متزايد في البلدان الصناعية . ومع ان فعاليتها العامة لا تفوق فعالية المحطات الحرارية (٥) لكن اكلاف وقودها على المدى البعيد منخفضة لدرجة تجعلها اقتصادية .

سواء كان مصدر الطاقة هو النفط او الفحم الحجري او النواة او الريح او المياه المتحركة فان انتاج الكهرباء يتم بواسطة الآلات ذاتها وهي العنفات والمولدات . والمولدات بحد ذاتها لها فعالية قوية في تحويل الطاقة الآلية الى طاقة كهربائية بخسارة لا تتجاوز ٢ ٪ .

نظام الامداد بالطاقة

تحتوي معظم محطات توليد القدرة على اكثر من مولد واحد لتتمكن من الاستمرار في العمل اذا تعطلت احدى الآلات . ولكثير من المحطات اربعة مولدات تعمل معا باقصى مردودها عندما يبلغ الاستهلاك ذروته . ومع انخفاض الاستهلاك توقف الآلات عن العمل الواحدة تلو الاخرى مع ان بعضها يبقى محملا بصورة جزئية ، بحيث تستطيع الانطلاق بسرعة اذا ما دعت الحاجة فجأة الى ذلك .

ترتبط المولدات بالمحولات بموصلات متينة بشكل قضبان معدنية (تدعى قضبان توصيل) ، وهناك يرفع الجهد الكهربائي (الفلطية) تمهيدا لنقله . تنطلق اسلاك موصلة مرفوعة على اعمدة من المحطة في جميع الاتجاهات . عند الحاجة او عندما يرغب في ذلك تخفض الفلطية بواسطة محولات اخرى الى مستوى الامان لتوزيعها على المستهلكين . يمكن ان يتم بعض هذا التوزيع تحت الارض وقد ينتهي آخر الامر الى محطة فرعية حيث ينقسم كبل الامداد الى عدد من المغذيات ، هنا ايضا بعد تخفيض جديد للفلطية . من هناك تؤخذ الطاقة اما بالارتفاع او تحت الارض الى المناطق الصناعية او السكنية حيث يجري تخفيض آخر للفلطية قبل ادخالها الى المنازل او المصانع . وقد تنتهي الخطوط الهوائية ذاتها الى محطات فرعية متجنبة بذلك عبور مرحلة تحت الارض لكن معظم المستهلكين في المدن والمدن الصغيرة يحصلون على الكهرباء من كبلات تمدد تحت الارض .

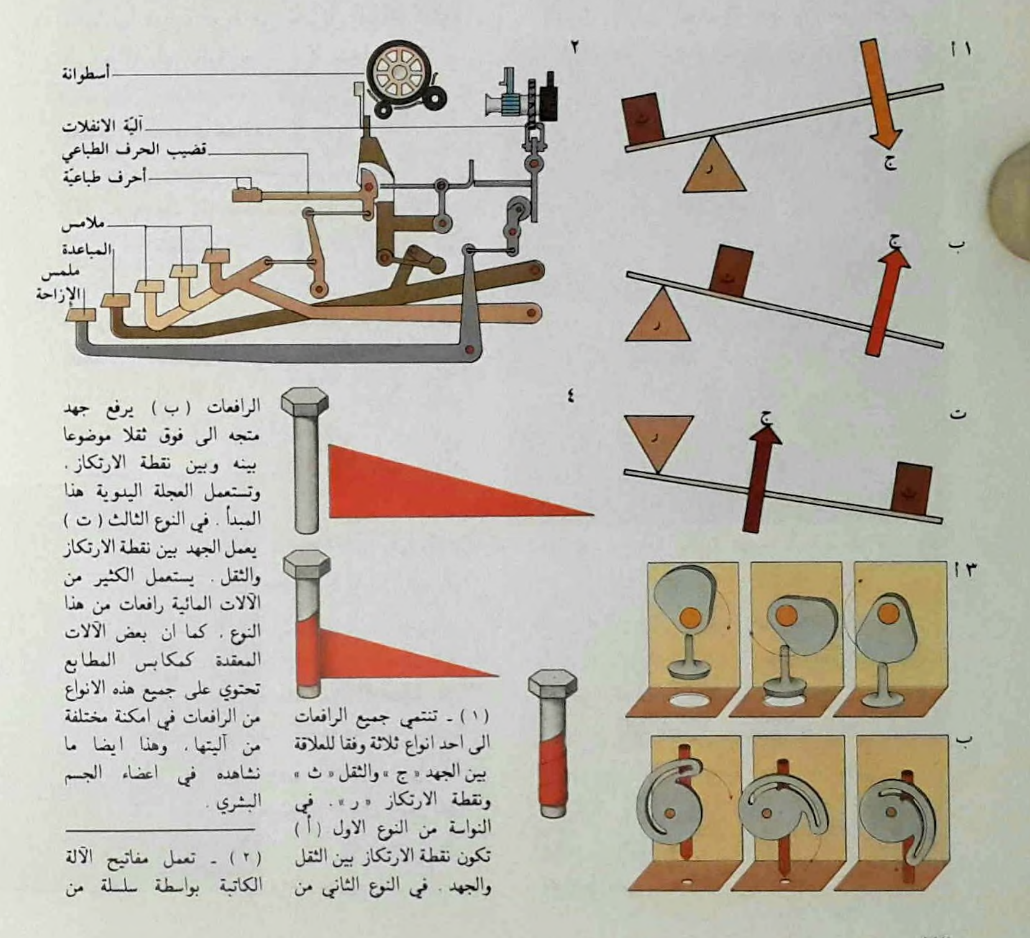
في اماكن عديدة على طول الخط الواصل بين محطة توليد القدرة والمستهلكين توجد مفاتيح وقواطع للدارة ووسائل اخرى مشابهة لحماية الخطوط والمعدات عند ارتفاع الحمل الى درجة الارهاق او من انقطاع تحدثه صاعقة .

وصلات الشبكات القومية والدولية

توصل القدرة الكهربائية الخارجة من كل محطة بقدرات المحطات الاخرى بواسطة اسلاك موصلة تدعى « شبكات ترابط » تمر بين نقاط مناسبة وعادة ما يكون ذلك على ابراج . وهكذا تكون جميع المحطات في بلد ما مرتبطة معا (٦) . وهذا يمكن بعض المحطات من التوقف عن العمل للصيانة او لاجراء اصلاحات فيها بينما تعمل المحطات الاكثر فعالية باستمرار لتأمين ما يسمى بالحمل الاساسي . ومحطات اكثر البلدان الاوروبية مرتبطة ايضا معا (فانجلترا متصلة بفرنسا بكبل يمر تحت بحر المانش) . وهذا يمكن بعض البلدان من بيع الطاقة او اقراضها الى بلدان اخرى .

الرافعات (العتلات) والأسافين

يحيط الانسان نفسه اليوم بمجموعة واسعة من الآلات ، من الساعات والغسالات والادوات المنزلية الاخرى الى الحاسبات الالكترونية والحوامات والصواريخ الفضائية . وكل آلة ، هي بمعنى ما ، وسيلة لتوفير الجهد ، لذا ففي هذه الحال يتفق التعريف الشعبي والتعريف العلمي . فبالنسبة للعالِم ، الآلة هي كل وسيلة تؤمن فائدة ميكانيكية - اي انها تسمح لقدر محدود من الجهد القيام بعمل نافع في رفع ثقل او تحريكه . والفائدة الميكانيكية لآلة ما هي الثقل مقسوما على الجهد . بهذا المعنى تكون ابسط الآلات هي الرافعات (العتلات) والاسافين والبراغي ، وهذه كلها تستعمل بالآلاف في الكثير من الآلات المعقدة .



(١) - تنتمي جميع الرافعات الى احد انواع ثلاثة وفقا للعلاقة بين الجهد « ج » والثقل « ث » ونقطة الارتكاز « ر ». في النواسة من النوع الاول (أ) تكون نقطة الارتكاز بين الثقل والجهد . في النوع الثاني من الرافعات (ب) يرفع جهد متجه الى فوق ثقلا موضوعا بينه وبين نقطة الارتكاز . وتستعمل العجلة اليدوية هذا المبدأ . في النوع الثالث (ت) يعمل الجهد بين نقطة الارتكاز والثقل . يستعمل الكثير من الآلات المائية رافعات من هذا النوع . كما ان بعض الآلات المعقدة كمكابس المطابع تحتوي على جميع هذه الانواع من الرافعات في امكنة مختلفة من آليتها ، وهذا ايضا ما نشاهده في اعضاء الجسم البشري .

(٢) - تعمل مفاتيح الآلة الكاتبة بواسطة سلسلة من

عملية تكبير الجهد

للعتلات مئات من اوجه الاستعمال : فالمخل والمجذاف والمفك والمقص والنواسة وعربة اليد جميعها تستعمل انواعا مختلفة من الرافعات (١) وعملها هو تكبير الجهد لكي تسهل عملية تحريك ثقل ما . كل من هذه الآلات يستخدم محور ارتكاز يدعى مرتكز الرافعة ، وتحدد الفائدة الميكانيكية للرافعة بمقدار الجهد والثقل وبعديهما عن المرتكز .

كيف يستطيع طفل عمره اربع سنوات رفع رجل يزن ٧٥ كلغ ؟ ثمة طريقة بسيطة هي وضعهما على نواسة . فاذا جلس الرجل بقرب محور الارتكاز فان وزن الطفل الجالس على آخر الطرف المقابل يكفي لرفعه . في هذه الحال سيتحرك الطفل الى اسفل مسافة اكبر مما يتحرك الرجل الى اعلى . لكن نقص الحركة هذا هو ثمن الجهد القليل لرفع وزن ثقيل . لكن لا بد للثقل من ان يتحرك ، ولا

١٥

قضبان ترابطية تقوم مقام الرافعات . عندما ينقر مفتاح ما تحرك الرافعة قضيب طباعي فتجعل الحرف ينطبع على ورقة تحيط بالاسطوانة . عند الضغط على قضيب المسافة تتحرك آلية تجعل الاسطوانة تتقدم دون ان يطبع اي حرف . ترفع الرافعات التي يوجهها مفتاح الانتقال جهاز الرافعات بكامله بحيث ان نقر مفتاح ما يجعل الحرف الاسفل الموجود على قضيب هذا المفتاح يقع على شريط الآلة الكاتبة وينطبع على الورقة . وتستعمل ايضا رافعات اخرى لتحريك الاسطوانة جانبيا .

---

(٣) - يمكن اعتبار الحدبة (الكامة) القرصية (أ) رافعة متغيرة الطول تحول حركة رحوية الى حركة ترددية صاعدة ونازلة او من جانب الى آخر . تستعمل الكامات القرصية عادة لتشغيل الصمامات في محركات السيارات . وعندما تدور كامة شقية (ب) تحرك ذراعا عمودية الى فوق او الى تحت او ذراعا افقية حركة جانبية .

---

(٤) - يمكن اعتبار البرغي سطحا مائلا ملتفا حول اسطوانة . فالفائدة الميكانيكية للسطح المائل يمكن تحقيقها بادارة البرغي وغالبا ما يكون الجهد كبيرا فدفع ثقل على سطح مائل اسهل من رفعه عموديا .

---

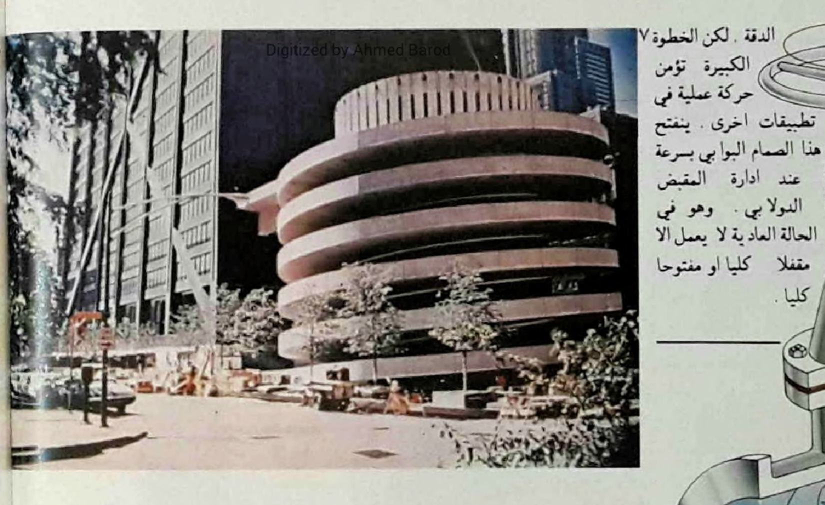
(٥) - ان الاسنان اللولبية المحفورة على المسامير لها انواع رئيسية ، وهناك مجموعة من المصطلحات التقنية للتعبير عنها . يستعمل المهندسون هذه المصطلحات لتعريف انواع البراغي (أ) واجزائها بما فيها القطران الرئيسيان ، قطر دائرة الجذر (١) وقطر دائرة الخطوة (٢) وسماكة السن (٣) والقمة (٤) والجذر (٥) . الخطوة (٦) هي المسافة بين سنين . لكن خواص البرغي تتوقف ايضا على زاوية التسنين (٧) وزاوية اللولبة (٨) . ونوعا البراغي الرئيسيان هما البراغي ذات الاسنان المحدبة الحافة (ب) والبراغي ذات الاسنان المربعة الحافة (ت) . في الاسنان الاحادية البدء (ث) لا يختلف طول التقدم (١٠) عن الخطوة . فبعد دورة واحدة (ج) تتقدم الصمولة مسافة تساوي الخطوة . وفي الاسنان الثنائية البدء (ح) يساوي التقدم (١٠) ضعفي الخطوة وتتقدم الصمولة مسافة تساوي ضعفي طول الخطوة (خ) .

عجب مما يروى عن الرياضي الاغريقي ارخميدس (٢٨٧-٢١٢ ق.م) : « اعطوني نقطة ارتكاز ثابتة اقف عليها فأحرك الارض » .

استعمال المنحدرات والاسافين

عندما كان قدامى المصريين يبنون الاهرام او رجال العصر البرونزي يبنون ستونهينج في انكلترا واجهتهم مهمة رفع كتل ضخمة من الصخور لمسافة عدة امتار . كانوا يعلمون ان دفع جسم ثقيل على سطح منحدر اسهل بكثير من رفعه عموديا . لذا من الارجح انهم بنوا منحدرات طويلة من التراب جروا عليها الصخور (ولعلهم فعلوا ذلك على جذوع اشجار اسطوانية) . يسمي علماء الفيزياء هذه المنحدرات المستويات او السطوح المائلة .

يتطلب رفع كتلة وزنها ١٠ اطنان رفعا عموديا جهدا يساوي ١٠ اطنان . ولكن ، اذا



٦

٧ الدقة . لكن الخطوة الكبيرة تؤمن حركة عملية في تطبيقات اخرى . ينفتح هذا الصمام البوابي بسرعة عند ادارة المقبض الدولابي . وهو في الحالة العادية لا يعمل الا مقفلا كليا او مفتوحا كليا .



٨ الطويل - السطح المائل - يسهل هذا الامر لكنه يتطلب مساحة كبيرة . لذا فبناء منحدر لولبي كما يبدو ذلك في مخرج السيارات هذا يوفر المساحة . وهندسة المنحدر لا تختلف عن خطوة البرغي .

(٦) - يستطيع برغي دقيق الخطوة ضبط حركات في غاية الدقة لأن المسافة التي يقطعها تساوي دقة خطواته فالميكرومتر مثلا يستخدم برغيا دقيق الخطوة لقياس أبعاد صغيرة بدرجة عالية من

(٧) - السطح المائل هو وسيلة عملية لنقل اجسام ثقيلة صعودا او نزولا لارتفاعات ذات قيمة . ففي مواقف السيارات المتعددة الطبقات على السيارات ان تنزل من ارتفاع كبير الى مستوى الشارع . فالمنحدر

(٨) - يمكن استعمال زوجين من العتلات من النوع الاول (النواسة) كما هي الحال في المقصات والزرديات . ويمكن تطبيق الفكرة ذاتها على

ما اهملنا الاحتكاك . يصبح الجهد الضروري لدفعها او لجرها على منحدر قدره ١ من ٢٠ حوالى نصف طن . لرفع الثقل مترا واحدا لا بد من تحريكه مسافة ٢٠ م تقريبا بحيث ان حركة كبيرة للجهد تصبح ضرورية لاحداث حركة صغيرة للثقل لكسب فائدة ميكانيكية ذات شأن . كما هي الحال في الرافعات . وتقرر نسبة ارتفاع المنحدر الى طول السطح المائل مقدار الجهد الممكن توفيره . وتستطيع التقنية الحديثة توفير المسافة باعطاء المنحدرات الطويلة شكلا لولبيا (٧) .

يمكن رفع كتلة ثقيلة رفعا قليلا (لاحاطتها بحبل مثلا) بدفع اسفين تحتها . والاسفين يتألف من سطحين مائلين ملتصقين ظهرا الى ظهر . ولكن بدلا من دفع الكتلة على السطح المائل يدفع السطح تحت الكتلة لتحريكها . فغرس اسفين في شق مثلا يحدث قوة هائلة وتستخدم البلطية والفأس المبدأ ذاته وكذلك الأزاميل والمحاريث والمثاقيب الهوائية .

البراغي ـ الاسافين الحلزونية

يمكن وصف البرغي على انه سطح مائل ملفوف حول اسطوانة (٤) . يدعى هذا الشكل الحلزون او اللولب وقد درس شكله الهندسي حوالى عام ٢٠٠ سنة ق . م . الرياضي الاغريقي ابولونيوس البورجي (القرن الثالث ق . م .) ثم اخترع ارخميدس آلة للحلزنة وطبق مبدأ اللولب على مضخته اللولبية لرفع الماء .

كما يمكن غرس اسفين في جسم ما بطرقه . كذلك يمكن ادخال برغي بتدويره . تتطلب حركة الدوران قدرة ذراعية ـ مفك او مفتاح ربط ـ وهذا يجعل من الممكن استعمال البرغي البسيط ، وهو « آلة » تجمع صفات الرافعة والاسفين .

تدعى المسافة بين اسنان اللولب « خطوة » وهي قياس انحدار السطح المائل الذي تتألف منه . وعندما يدور البرغي دورة كاملة يتقدم مسافة تساوي خطوة واحدة . هكذا فطول العتلة التي تدير البرغي مقسوما على الخطوة يساوي الفائدة الميكانيكية .

(٩) ـ يمكن الوصول الى البنيات العالية كمصابيح الشوارع من اجل تنظيفها وصيانتها بواسطة آلة ذات رافعات مائية مركبة عادة على شاحنة . وتستعمل فرق الاطفائيين مركبات من هذا النوع للوصول الى اماكن مرتفعة لاستخدام خراطيم المياه او لانقاذ اشخاص محجوزين في ابنية عالية . تستطيع قضبان ترابطية مائية تشغيل هذه الوصلات المفصلية تماما كما تلوي العضلات ذراع الانسان عند المرفق .

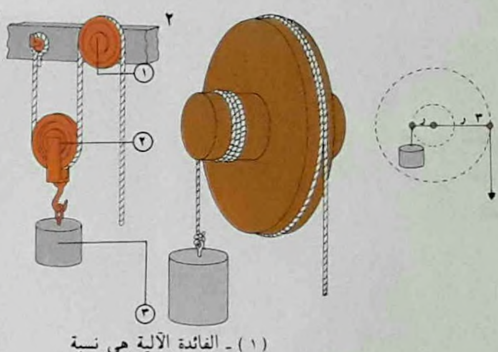
مجموعة من المقصات كما هي الحال في الملقطة الكسول . يمكن تطبيق هذا المبدأ في اجهزة الضغط المائي الحديثة . لصنع آلات قوية لرفع اثقال كالحمولات والحقائب في المطارات . ويستعمل مبدأ المقصات ذاته في بعض مرافع السيارات المجهزة باسنان لولبية لدفع الذراعين السفليين .

البكرات والتروس

البكرات والتروس عجلات لنقل الحركة ، وهي من اقدم الآلات التي ابتكرها الانسان . في القرون الوسطى ، كانت تستعمل تروس ذات خوابير خشبية لتشغيل اجهزة الطواحين المائية والطواحين الهوائية والمناجم . ولعل البكرة كانت معروفة منذ القرن التاسع ق . م ، وقد اقام ارخميدس الدليل على فعالية البكرة المركبة (١٠) .

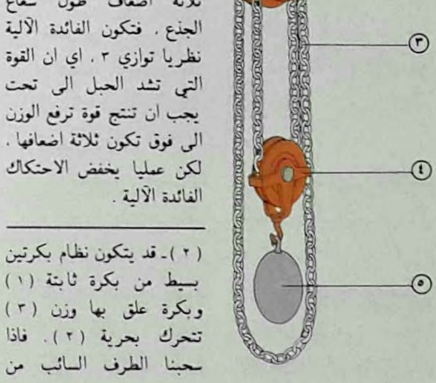
طريقة عمل البكرة وتصميمها

تستعمل العجلة في البكرة مع حبل او سلسلة او حزام . اما الترس ، فعجلته لها اسنان على مدار حافتها تتعشق اسنانا مثلها في عجلة ترس آخر . تستعمل البكرات



(١) ـ الفائدة الآلية هي نسبة القوة التي تعطيها آلة ما الى القوة الشادة عليها . ففي هذه البكرة المؤلفة من عجلة وجذع ، يبلغ طول شعاع العجلة ثلاثة اضعاف طول شعاع الجذع ، فتكون الفائدة الآلية نظريا توازي ٣ ، اي ان القوة التي تشد الحبل الى تحت يجب ان تنتج قوة ترفع الوزن الى فوق تكون ثلاثة اضعافها . لكن عمليا يخفض الاحتكاك الفائدة الآلية .

(٢) ـ قد يتكون نظام بكرتين بسيط من بكرة ثابتة (١) وبكرة علق بها وزن (٣) تتحرك بحرية (٢) . فاذا سحبنا الطرف السائب من الحبل ، ترتفع البكرة المتحركة والوزن الى فوق تحت تأثير قوة السحب المضروبة باثنين لانهما مشدودان الى طولين من الحبل . لكن الوزن لا يرتفع الا الى ما يعادل نصف طول المسافة التي سحب اليها الحبل .

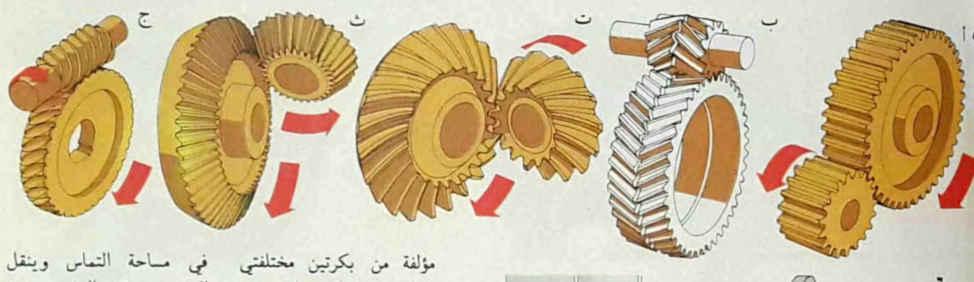


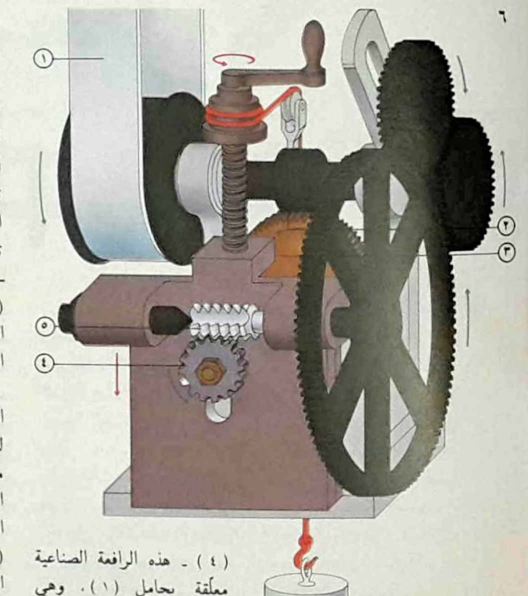


(٣) ـ تستعمل الرافعات بالبكرات احيانا في صناعة السيارات لرفع القطع الثقيلة او الضخمة . تكون الرافعات معلقة عادة في مرافيع عالية نقالة او جسور متحركة تمكّن من نقل القطع من مكان الى آخر .

والتروس لنقل حركة رحوية بين جذعين او اكثر. اذا كانت الجذوع متقاربة، كما في جهاز ساعة او في محرك، فالتروس هي التي تستعمل في اكثر الاحيان. اما اذا كانت الجذوع متباعدة، فتستعمل البكرات في الغالب. تُستعمل العجلات المسننة ايضا لتغيير اتجاه الدوران بما يبلغ ٩٠°، وتستعمل عجلات البكرات والتروس ذات الاقطار المختلفة لتغيير سرعة الدوران.

تستعمل البكرات التي تحركها الاحزمة لادارة الكثير من الآلات الصناعية والزراعية. فينقل الحزام الحركة بين بكرة على جذع آلة، كعمود المخرطة مثلا. ومن الممكن، باعطاء بكرة الجذع المحرِّك قطرا مختلفا عن قطر بكرة الجذع المحرَّك أي الآلة المنوي تحريكها، ان تعدل سرعة دوران هذه الآلة. وكثيرا ما تجمع معا عدة بكرات مختلفة الاقطار على الجذع المحرِّك او جهاز الادارة





(٤) - هذه الرافعة الصناعية معلّقة بحامل (١). وهي مؤلفة من بكرتين مختلفتي القطر (٢) وبكرة سائبة (٤) علق بها وزن (٥). تطوق نظام البكرات سلسلة مقفلة (٣). فاذا جُذِب احد طرفي السلسلة من جهة البكرة الكبيرة الثابتة نجم عن ذلك قوة كبيرة ترفع الحمولة. اما اذا جذب من الجهة الاخرى، فالحمولة تهبط.

(٥) - تتوقف فائدة التروس الآلية على عدد الاسنان. اسنان التروس المهمازية (أ) مقطوعة بموازاة محور الدوران، بينما التروس الحلزونية (ب) مفتولة لتشكل جزءا من لولب، وغالبا ما تكون مزدوجة للحؤول دون الدسر الذي يؤدي الى تأكلها. اما اسنان التروس المخروطية (ث)، فهي اطول من اسنان التروس المهمازية، مما يزيد في مساحة التماس وينقل المزيد من قوة الدفع. وتبرز هذه الفائدة بنوع خاص في التروس المخروطية ذات الاسنان اللولبية (ت). للتروس الدودية (ج) اسنان لولبية بسيطة تدير ترسا باسنان لولبية معامدة لمحوره.

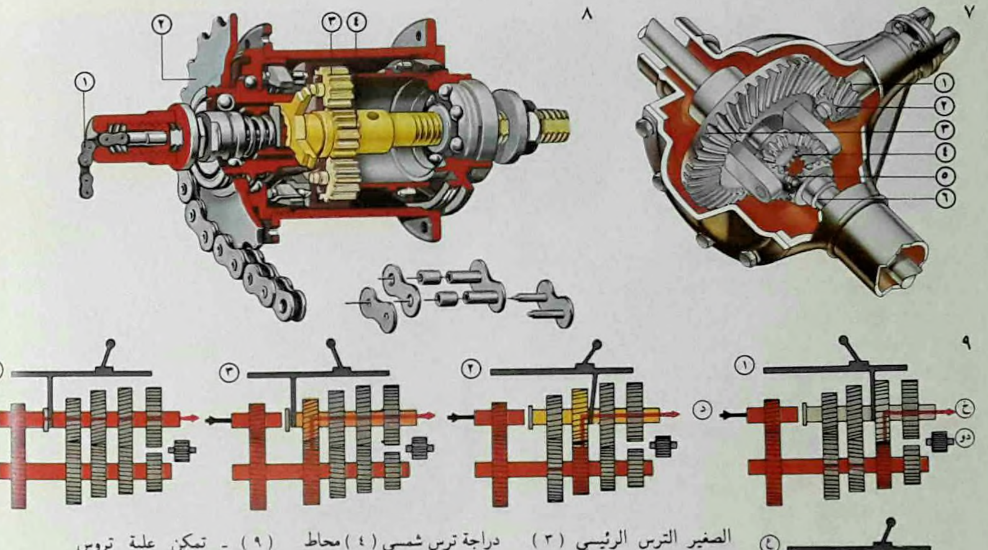
(٦) - كانت آلة جوزف وثوورث لصنع التروس (١٨٣٥) تحتوي على حزام وبكرة (١) يديران ترسا دوديا (٢) من شأنه، بتداخله في ترس مسنن (٣)، ان يدير بدوره الترس المنوي صنعه (٤). ويدير الجذع ذاته ترسا مسننا متعشقا مسننة اخرى وعجلة كبيرة تدير مقطع التغريز (٥). هذا المقطع مركب في كتلة تنخفض بفعل ثقل موازن الى ان يتم صنع الترس.

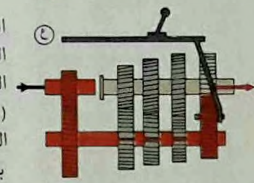
لتمكين هذا الجهاز من اعطاء سرعات مختلفة ، وهذا ما يدعى نظام البكرات المتدرج . قد تكون حافة البكرة واسعة ومسطحة بحيث يركب عليها حزام عريض ، او قد تكون ايضا محززة فتركب عليها احزمة ضيقة تكون بشكل ٧ او مستديرة في مقطعها العرضي كي لا تنزلق من البكرة .

المرافيع والرافعات الاخرى ليست سوى التطبيقات الشائعة الاخرى للبكرات . هنا تنقل الحركة عادة لتأمين فائدة ميكانيكية . فالقوة او الجهد الذي يبذله الانسان يرفع ثقلا يزداد بفضل جهاز من البكرات فيصبح قادرا على رفع اثقال لا يمكنه رفعها بدونه .

كيف تعمل العجلات المسننة

لاكثر العجلات المسننة اسنان ذات سطوح متقوسة الى الداخل قليلا ، تلامس اسنان العجلات الاخرى . بهذه الطريقة ينتج عادة





(٧) - في محرك سيارة ينقل الترس التفاضلي الحركة الدائرية من المحرك عبر زوايا قائمة الى جذوع نصفية (٦) تدير الدواليب . ويدير ترس (٢) عمود المروحة (١) الصغير الترس الرئيسي (٣) الذي يدير بدوره ترس (٤) التروس المخروطية الصغير (٥) . بامكان جهاز التروس التفاضلي جعل العجلات تدور بسرعات مختلفة . فعندما تمر السيارة في منعطف ، تدور الدواليب الخارجية بسرعة تفوق سرعة الدواليب الداخلية .

(٨) - لعلبة التروس هذه الموجودة في بطيخة دولاب دراجة ترس شمسي (٤) محاط بتروس كوكبية (٣) ، وهو ترتيب نموذجي يدعى تعشيقا دويريا . تُنقل قوة الدفع الناجمة عن راكب الدراجة الى بطيخة العجلة بواسطة سلسلة ومضرّسة (٢) متصلتين بالبطيخة بواسطة قابض ذي حبل (١) . يبين الرسم التعشيق الاوسط (تعشيق مباشر) ، وتظهر فيه ايضا اجزاء السلسلة .

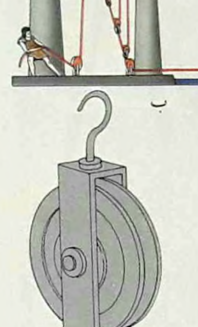
(٩) - تمكن علبة تروس السرعة السيارة من السير بسرعات مختلفة ، فيما يظل دوران المحرك ثابتا نسبيا . يتم الحصول على هذه النتيجة بتغيير النسبة بين الجذوع الاولية والجذوع الثانوية . فالمزيد من القوة تؤمنه النسبة العالية (سرعة منخفضة) فتتمكن السيارة من تسلق التلال بسهولة . تكون جميع التروس المسننة دائما متعشقة باستثناء

عن احتكاك سن العجلة الاولى بسن العجلة الاخرى حركة دروج وانزلاق مشتركة للسطحين المقوسين بحيث يصبح خطر الاحتكاك واللَّصب اخف منه فيما لو كانت سطوح التماس منبسطة .

عندما تستعمل العجلات المسننة ازواجا ، يكون ذلك عادة لتغيير السرعة ، وفي كثير من الحالات ايضا لتغيير اتجاه حركة الدوران (٥) . اذا كانت احدى العجلتين اكبر من

١٠ أ

ب



١. السرعة الأولى ع. ذراع عكس الحركة
٢. السرعة الثانية د. ذراع الدخول
٣. السرعة الثالثة خ. ذراع الخروج
٤. السرعة الرابعة دو. دولاب إدارة وسط

التروس التي تؤمن السير الى الوراء . عندما يُعشَّق ترس مسنن (يتم التعشيق هنا باليد) ، فانه يتشابك مع الجذع الثانوي وينقل اليه قوة المحرك .

---

(١٠) ـ البكرة البسيطة (ب) تتألف من عجلة او بكرة محزوزة تدور داخل غلاف وتكون بكاملها معلقة بكُلّاب . العجلة محزوزة ليركب عليها حبل او حزام او سلسلة . لا تؤمن بكرة واحدة ثابتة من هذا النوع اية فائدة آلية لرفع ثقل ، مع ان الشخص الذي يرفع الثقل يستطيع اضافة وزنه الى قوة ساعديه . غير ان نظاما من بكرتين او اكثر يؤمن فائدة آلية كبيرة ، كما يبدو ذلك في هذه البكرة المركبة (أ) التي يقال ان ارخميدس استعملها لجر سفينة بيد واحدة .

الاخرى ، تسمى الاولى الترس الاكبر والثانية الترس الاصغر . وعندما يدير الترس الاكبر الترس الاصغر تحصل زيادة في سرعة الدوران والعكس بالعكس . تتناسب كمية تغيير السرعة طردا مع عدد اسنان الترسين ، فالترس الذي له ١٠٠ سن مثلا والذي يدير ترسا صغيرا له ٢٠ سنا يزيد سرعة الدوران خمسة اضعاف ، واذا أدار ترس صغير له ٢٠ سنا ترسا له ٤٠ سنا تنخفض سرعة الدوران الى النصف .

تؤمن الحركة الناجمة عن تحريك الترس الصغير للترس الكبير فائدة آلية واضحة بالاضافة الى فائدتها في تخفيف السرعة .

تغيير اتجاه الحركة

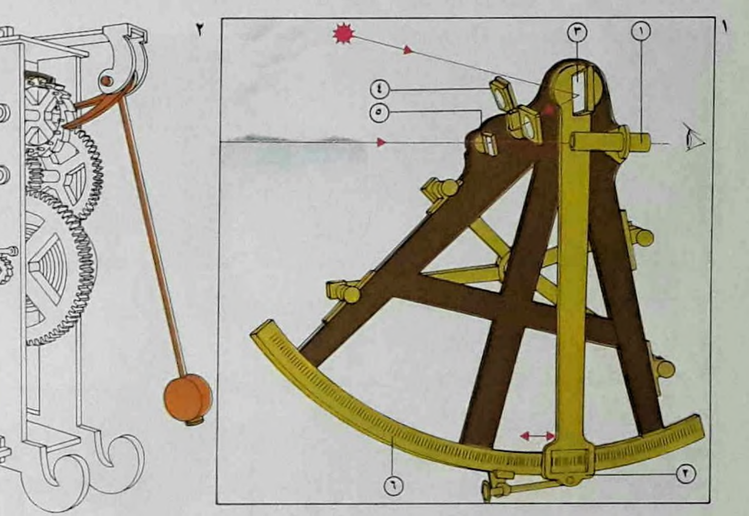
يمكن ان تكون اسنان الترس موازية لمحوره ، كما وصفنا ذلك حتى الآن او حلزونية كما هي حال التروس اللولبية والتروس الدودية . يستعمل الترس الدودي لادارة جذع معامد لمحور جذعه . وتنقل التروس المخروطية ايضا (٥ و ٧) الحركة ضمن حدود الزاوية ويمكن ان تكون لها اسنان متوازية او لولبية . وكثيرا ما يركب في بطيخات عجلات الدراجات (٨) نظام من التروس فيه ترس شمسي لعدة تروس كوكبية . وهذا ما يحدث مثلا في علبة تروس تتألف من عدة تروس متعاشقة ومن جهاز لاختيار تركيبات التروس او النسب . وهناك مثل آخر هو علبة تروس السيارات . فقد كانت للنماذج القديمة من السيارات انظمة تروس تكاد تكون ببساطة علب تروس الدراجات الحالية (٩) . اما علب تروس سيارات اليوم ، فهي اكثر تعقيدا ، وغالبا ما تكون مجهزة بانظمة انتقاء تلقائية .

الآت الوزن والقياس

ان طرق قياس الكتلة والوقت والمسافة هي من اقدم مهارات الانسان . لكن آلات قياس درجات الحرارة والضغط والموقع والسرعة لم تظهر الا في القرون الاربعة الاخيرة . تتطلب الحياة العصرية قياسات اكثر تعقيدا وتقوم على الدقة والاتساق .

الوزن والوقت ودرجات الحرارة

يقوم ميزان الكيميائي الحديث (٨) على مبدأ من اقدم المبادىء وهو فكرة كون الوزن المجهول لكتلة ما تمكن معرفته بتوازنه مع وزن معلوم . فقد كان المصريون يعلقون كفتين على عارضة ويستعملونها لوزن الحبوب والذهب بواسطة عيارات من الحجر ، وذلك



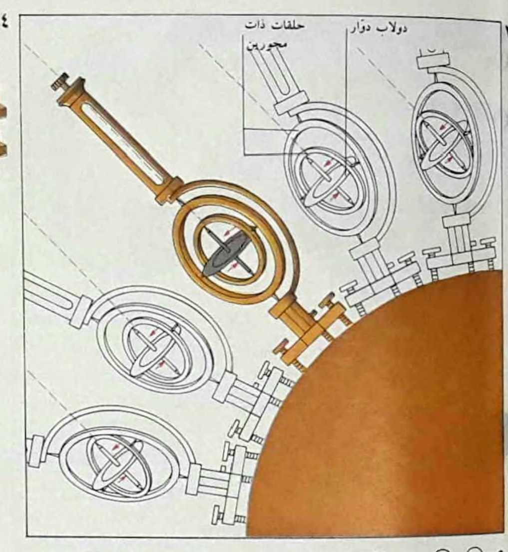
(١) ـ ما تزال ذات السدس حتى اليوم الاداة الاساسية في الملاحة واستعمالها في غاية السهولة ـ تمسك بحيث يظهر الافق من خلال تلسكوب (١) . تحمل ذراع متحركة (٢) مرآة (٣) وتحرك الذراع بحيث تصبح صورة الشمس المنعكسة من هذه المرآة ومن مرآة اخرى نصف مفضضة (٥) في خط واحد مع الافق . عندها تقرأ المسافة الزاوية بين الشمس والافق على ورنية (٦) . (وهو جهاز لقراءة تقسيمات المقياس الاساسي) تخفف قطعة من الزجاج القاتم (٤) شدة الصورة الشمسية . وتستعمل ذات السدس ايضا لقياس الزوايا في علم الفلك .

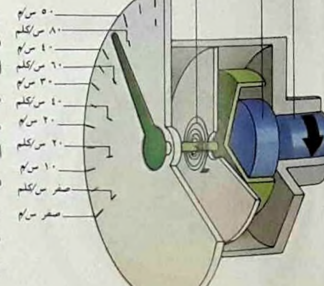
(٢) ـ يعمل الرقاص . بوصفة اداة لتنظيم السرعة . وفقا للمبدأ القائل بان طوله يقرر طول فترة تذ بذ به . وهي الوقت الذي يستغرقه ترجح كامل من جهة الى اخرى . طبق غليليو هذا المبدأ لضبط انفلات دولاب الساعة . كان لدولا به (١) ١٢ دبوسا ناتئا متطابقا مع اثلام موزعه على حتاره (اطاره) الخارجي فعندما كان الرقاص يتأرجح الى الداخل (أ) كان يرفع سقاطة كابحة (٢) ويدفع الدبابيس فيمكن الدولاب من الدوران الى ان يعكس الرقاص اتجاهه (ب) فيمكن السقاطة من ايقاف الدولاب بعد ان يكون قد تقدم مسافة سن واحد .

(٣) ـ الاستقرار هو الاسهام الاساسي الذي امنه الجيروسكوب لعلم القياس . تعتمد هذه الالة على دولاب سريع الدوران ذي اطار ثقيل معلق بأقل قدر ممكن من الاحتكاك على نظام من الحلقات المزدوجة المحاور

منذ ٧٠٠٠ سنة على الأقل . ومنذ عام ٢٣٥٠ ق . م . كان بوسعهم الحصول على دقة تبلغ ٩٩ ٪ . ادخل الرومان تحسينا على هذه الطريقة عندما وضعوا جزءا مثلثا على الجانب السفلي من العارضة لصنع موازين اكثر دقة للأوزان الخفيفة . كما ان قياس الوقت بواسطة المزولة الشمسية والساعات الرملية والساعات هو وسيلة قديمة ايضا . اخترع الصينيون ساعة مائية منذ حوالى ١٠٠٠ سنة ق . م . وفي القرن الرابع عشر ظهرت الساعات الآلية تديرها اثقال . وينسب الى غليليو (١٥٦٤ ـ ١٦٤٢) استعمال الرقاص (٢) لضبط الانفلات مؤمنا بذلك دقة ادت الى الساعات العصرية الدقيقة .

في عام ١٥٩٣ قام غليليو ايضا بدور هام في صنع ميزان الحرارة . وفي عام ١٩٤١ اخترع محرار كحولي اكثر دقة ثم في عام ١٧١٤ اخترع غبريال فاهرنهايت





يمكنه من الدوران على محوره في اي مستوى كان . اذا استمر الدوران بسرعة معينة (بواسطة محرك كهربائي مثلا) يحتفظ محور الدولاب بالوضع الذي اتخذه عندما بدأ الدوران . ومع دوران الارض يحتفظ المحور باتجاهه في الفضاء على الرغم من تغير زاوية محاور حلقاته بالنسبة له . كانت اولى تطبيقات الجيروسكوب تحديد زاوية القصف في البحر وتوجيه الطربيدات .

---

(٤) ـ يتألف مقياس الجرعات هذا الذي يحمله الاشخاص المعرضون للاشعاع من حامل لدائني (١) له خصائص امتصاصية معلومة يحتوي على فيلم فوتوغرافي (٧) . تسمح نافذة (٢) لجميع انواع الاشعاع بالمرور . ولما كانت النيوترونات (٣) ذاتها لا تؤثر بالفيلم يبطئها مرشح من الرصاص (٥) ويمتصها مرشح من الكادميوم (٦) يبث شعاع عن كل نيوترون فيسود الفيلم . اما اشعة جاما ذاتها (٤) فتخترق جميع المرشحات . وتخترق الاشعة السينية (٩) المرشح اللدائني بينما تسود جزيئات بيتا وانواع الاشعاع الاخرى (١٠) الفيلم من خلال النافذة . وهكذا يظهر هذا الاسوداد (٨) بعد تظهير الفيلم .

---

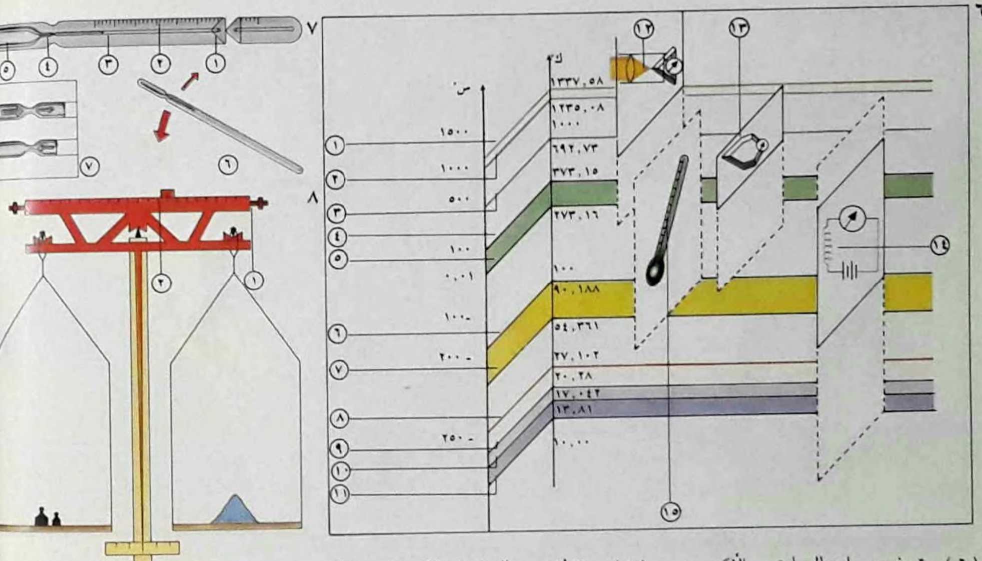
(٥) ـ تقرأ سرعة مركبة على عداد السرعة المتصل بواسطة سلك لدن بتروس في نظام نقل الحركة . وفقا للسرعة يدير قلب السلك مغنطيسا (١) يدفع اسطوانة (٢) مثبتة حوله . تدور ابرة العداد مع دوران هذه الاسطوانة وتستقر اذا كانت السرعة ثابتة بواسطة زنبرك شعري (٣) يحفظ الابرة ثابتة .

(١٦٨٦ - ١٧٣٦) المحرار الزئبقي ومقياس درجات الحرارة الذي يحمل اسمه . وصنع السويدي اندرس سلزيوس (١٧٠١ - ١٧٤٤) المحرار المئوي .

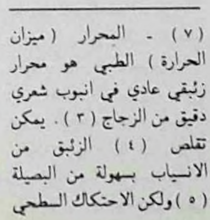
المحرار الطبي (٧) مصمم لقياس درجات حرارة جسم الانسان بدقة بين ٣٥ و ٤٥ س (سلزيوس او مئوية) . ويستدعي الكثير من العمليات الصناعية قياس درجات حرارة اعلى او ادنى بكثير من حرارة جسم الانسان (٦) .

تحديد الموقع

تتوقف الملاحة البحرية والجوية الناجحة على القدرة على تحديد موقع ما بالنسبة الى نقطة معلومة . فقد تحسنت تدريجا آلات قياس زاوية الشمس والقمر فوق الافق منذ اختراع الاسطرلاب الذي ربما يكون قد تم منذ القرن الثالث ق . م . ولكن من المؤكد



(٦) - تعرف درجات الحرارة في السلم الدولي العملي بدرجات مطلقة (فوق الصفر المطلق او - ٢٧٣ س) . « النقاط الثابتة » هي نقط انصهار الذهب (١) والفضة (٢) والزنك (٣) ونقطة غليان المياه (٤) ونقطته الثلاثية (٥) التي يكون فيها البخار والماء والجليد في حالة توازن . ونقطة غليان الأكسجين (٦) ونقطته الثلاثية (٧) . ونقطة غليان النيون (٨) . ونقطة الهيدروجين الثلاثية (١١) ونقطة غليانه تحت الضغط الجوي (٩) وتحت ضغط ٢٥ ملم من الزئبق (١٠) . الادوات العيارية لقياس درجات الحرارة هي المضرم (١٢) والمحرار البلاتيني الرود يومي بمزدوجة حرارية (ثرموكوبل) (١٣) والمقاومة الكهربائية لسلك البلاتين (١٤) والمحرار بسائل في انبوب زجاجي (١٥) .



(٧) - المحرار (ميزان الحرارة) الطبي هو محرار زئبقي عادي في انبوب شعري دقيق من الزجاج (٣) . يمكن تقلص (٤) الزئبق من الانسياب بسهولة من البصيلة (٥) ولكن الاحتكاك السطحي



ان العرب هم الذين طوروا هذه الأداة واوصلوها الى مرحلة الكمال فكانت عاملا هاما في الاكتشافات والرحلات منذ القرن الحادي عشر، كما انها كانت الاساس الذي بنيت عليه آلتا الربعية (ذات الربع) والسدسية (ذات السدس) فاصبح بالامكان قياس مواقع الاجرام السماوية .

تحسن تحديد الاتجاه المطلق بالنسبة الى النجوم بعد ان استنبط الفيزيائي الفرنسي جان فوكو (١٨١٩ - ١٨٦٨) الجيروسكوب (٣) وذلك لاظهار دوران الارض حول محورها . يقوم مبدأ الجيروسكوب على دوران دولاب رحوي بسرعة وهو مركب داخل ثلاث حلقات، الواحدة معلقة داخل الاخرى . ومحور هذا الجيروسكوب يحتفظ بوضعه في الفضاء (٣) بقطع النظر عن تأثير الجاذبية والقوة المغنطيسية .

الضغط والسرعة والاشعاع

في عام ١٦٤٣ وجد الرياضي والفيزيائي الايطالي ايفانجليستا توريتشيلي (١٦٠٨ - ١٦٤٧) ان الضغط الجوي على سطح الارض يساوي ضغط عمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سم . ينخفض هذا الضغط كلما زاد الارتفاع . انطلاقا من هذا المبدأ ابتكر توريتشلي اول شكل عملي من اشكال مقياس الضغط الجوي (باروميتر) . وما لبثت ان استخدمت تغيرات الضغط الجوي لقياس ارتفاع الجبال واحوال الطقس . بالاضافة الى مقياس الضغط الجوي (الباروميتر) وتطبيقاته المختلفة توجد الان مجموعة واسعة من مقاييس ضغط السوائل والغازات . من هذه الاجهزة الشائعة مقياس بوردون لضغط السوائل (٩) الذي سجل اختراعه عام ١٨٥٠ .

لم يتم القياس الدقيق لسرعة المركبات الا في العشرينات مع ظهور مقياس السرعة المغنطيسي (٥) .واليوم توصل هذه الآلة عادة بعداد لقياس المسافات المقطوعة ايضا . وقد جاء العصر النووي بحاجات واجهزة قياسات جديدة . فمقياس الجرعات الاشعاعية (٤) يؤمن للاشخاص الذين يعملون في محيط اشعاعي الوسائل الكفيلة بتنبيههم الى كميات الاشعاع.

يحول دون تراجعه (٧) . تظل قراءة درجة الحرارة على المقياس ثابتة (٢) الى ان يعاد الزئبق الى البصلة بهز المحرار

١٠

بقوة (٦) .

لتسهيل القراءة تعطى الساق شكل عدسة في مقطعها المستعرض (١) لتضخيم مظهر الزئبق .

(٨) - يتم قياس الكتلة على ميزان . للميزان العالي الحساسية الذي يستعمله الكيميائيون برغي (١) يمكن من ضبطه بدقة . عندما يضبط الميزان ضبطا صحيحا تستقر ابرة عامودية طويلة في وسط الميزان فوق صفر مركزي على مقياس مدرج في اسفل العمود . وللحصول على قياس ادق من القياس الذي يؤمنه وضع اوزان معروفة على الكفة يمكن استعمال « وزن منزلق » (٢) .

(٩) - يقاس الضغط بمقياس بوردون بتمكين سائل او غاز من الدخول الى انبوب مسطح ومتقوس مغلق في احد طرفيه . تحت ضغط عال يميل الانبوب الى الاستقامة . تضخم الحركة الصغيرة الناجمة عن ذلك في الطرف المغلق من الانبوب بواسطة نظام ويبين الضغط الذي يخضع له الانبوب .

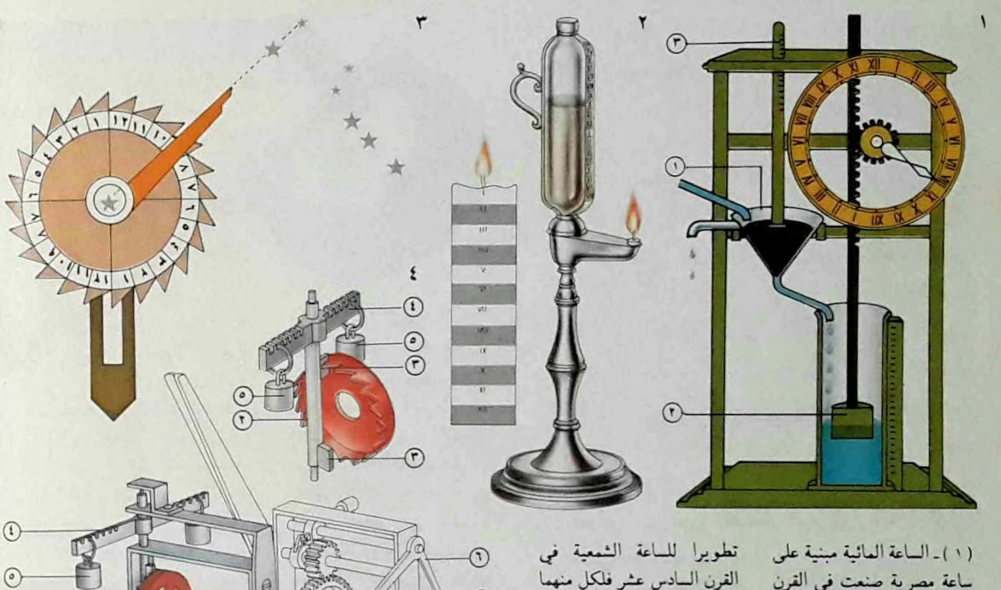
(١٠) - المصغر (الميكرومتر) اداة قياس عيارية للابعاد الدقيقة في الصناعة الهندسية . يتألف اساسا من برغي او محور دوران يدور في صمولة ثابتة . عندما يدار طرف البرغي باتجاه عقارب الساعة . تمكن قراءة الحجم المرتبط بعدد دورات البرغي على مقياس مدرج .

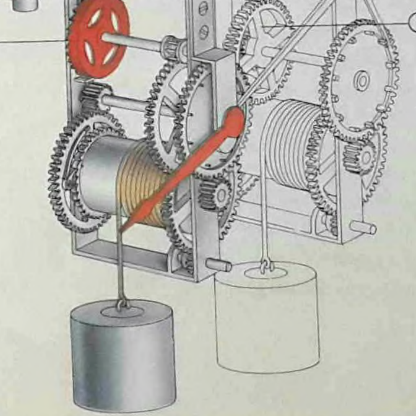
الآت قياس الوقت

صنعت اولى الساعات الميكانيكية المحتوية على قطع متحركة منذ حوالى ٧٠٠ سنة . لكن اقدم آلة لقياس الوقت اليومي صنعت منذ اكثر من ٣٠٠٠ سنة ، ولربما كانت تلك ساعة الظل المصرية التي تعود الى حوالى عام ١٤٥٠ ق . م . كانت هذه الساعة كالمزولة الشمسية تقيس الوقت اليومي بحركة الظل على علامات معينة .

انواع الساعات الاولى

جاءت بعد ساعة الظل الساعة المائية (١) والساعة الرملية او البنكام الرملي الذي يقاس فيه الوقت بتغير المستوى في الرمل او الماء المتدفقين .





(١) ـ الساعة المائية مبنية على ساعة مصرية صنعت في القرن الثالث ق . م . يغذي الماء قمعا (١) وينقل الى اسطوانة ترتفع فيها عوامة (٢) . وهذه العوامة مرتبطة بجريدة مسننة وترس يحرك عقرب الساعات . ينظم نسبة سيلان الماء مصد مدرج (٣) ويظل الماء على مستوى واحد بواسطة انبوبة طفح .

(٢) ـ كانت الساعة الزيتية تطويرا للساعة الشمعية في القرن السادس عشر فلكل منهما سلم يسجل انحدار المستوى بالساعات عند احتراق الزيت .

(٣) ـ لتسجيل الوقت ليلا كانت تستغل هذه المينا الليلية . كان عملها بسيطا . فكانت تسدد الى النجم القطبي من خلال ثقب مركزي وكان المؤشر يدار باتجاه « النجمين الدليلين » في الدب الاكبر .

ظلت هذه هي الوسائل الوحيدة لقياس الوقت اليومي الى ان بدأ الناس باستخدام شموع مدرجة (٢) . في القرون الوسطى صنعت ادوات لها اقراص مدرجة بالساعات وكانت تشمل المزاول الشمسية والمزاول النجمية كالمزاول الليلية (٣) .

تعمل جميع الساعات الصغيرة والكبيرة المألوفة بتكرار منتظم لحركة آلية . كانت اولى الساعات الآلية في القرنين الثالث عشر والرابع عشر (٤) تعمل بواسطة اثقال تتحرك الى اسفل فتحرك دواليب مسننة . لكي تدور الساعة اكثر من بضع ثوان يجب ان تعتق ببطء الطاقة الناجمة عن سقوط الثقل . ولهذا يُوقف احد التروس (دولاب الافلات) ويُعتق بطريقة منتظمة . وتسمى الآلة التي تنجز الافلات المضبوط للقوة في الساعات الكبيرة والصغيرة مضبط الانفلات .

كانت الساعات الاولى تستخدم مضبط

(٤) ـ كلف هنري دي فيك عام ١٣٧٠ بصنع ساعة لقصر شارل الخامس في باريس . كان ذلك مثالا جيدا للساعات الميكانيكية الاولى الدقاقة التي تعمل باثقال ساقطة . عندما تسقط الاثقال تدير مسلسلة مسننات (١) ويدفع الدولاب الرئيسي (٢) سقاطتي محور الدوران في ميزان الساعة (٣) فيؤدي ذلك الى ترجحات الميزان (٤) يمكن تكييف ثقلين بالقصور الذاتي (٥) معلقين بقب الميزان لضبط نسق ترجح القب . تحرك مسلسلة المسننات عقرب المينا الوحيد وتحرك مسلسلة مسننات ثانية تؤدي الى جهاز الدق رافعة (٦) يدفعهما مسمار متصل بعقرب الساعات .

---

(٥) ـ تتوقف دقة الساعة الميكانيكية فوق كل شيء على آلية الانفلات التي تعتق طاقة زنبرك او ثقل بانتظام بدفعات صغيرة للجزء من الساعة الذي يقيس الوقت . لمضبط الانفلات في الساعات ذات الرقاص (أ) مثبت يترجح حول مركزه وهو متصل بالرقاص . يدير زنبرك رئيسي (لا يظهر هنا) دولاب الانفلات من اليسار الى اليمين فيدفع سن من الدولاب احدى سقاطتي المثبت (ب) الى ان توقف السقاطة الاخرى سنا آخر (ت) فيدفع تقوس السقاطة الدولاب قليلا الى الوراء . بعد هذا الارتداد تتلقى السقاطة دفعة الى ان توقف السقاطة الاولى الدولاب . بهذه الطريقة تحافظ الحركة النواسية على ترجحات الرقاص .

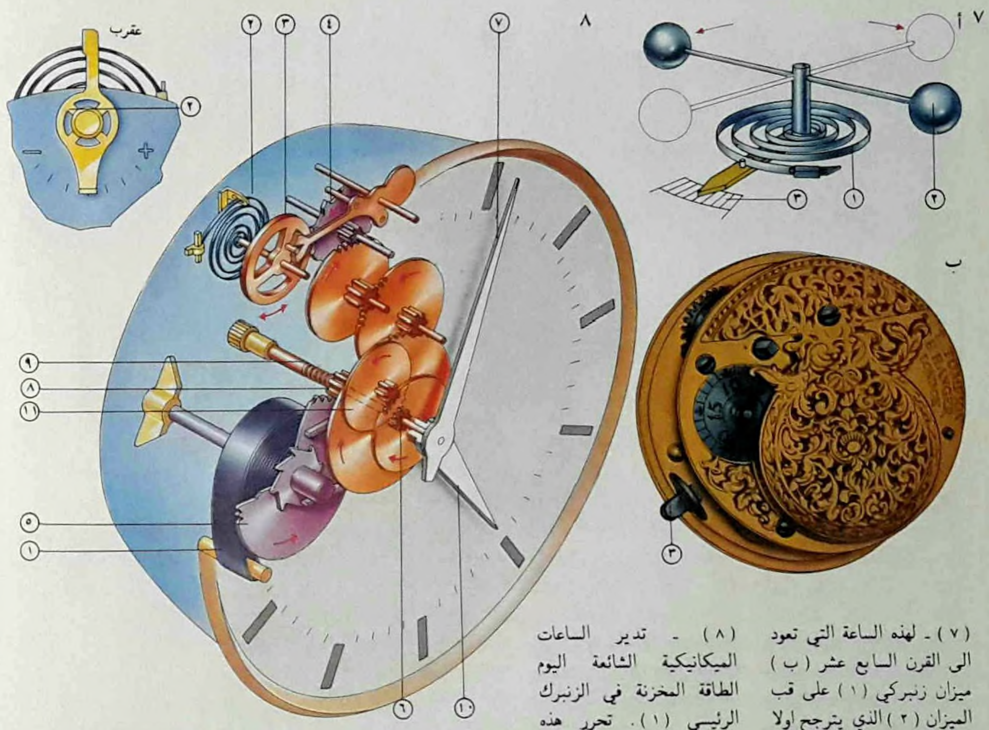
---

(٦) ـ تستعمل الساعات الذرية تردد ذبذبات الذرات (حوالى ١٠٠٠٠ مليون ذبذبة في الثانية) لضبط ساعات بلورات المرو . تكون ذرات السيزيوم (أ) (السيزيوم هو عنصر فلزي) عادة غير ممغنطة لكن الاشعاع يستطيع مغنطتها (ب) . ولساعة السيزيوم (ت) مولد (١) يزود بذرات يراصف محاورها المغنطيسية مجال مغنطيسي . في الحجرة (٢) تلتقي بحقل متذبذب « فتنقف » المحاور المغنطيسية ويحولها حقل مغنطيسي ثان نحو كاشف (٣) . من هناك تضبط اشارات ساعة بلورات المرو .

انفلات ذات محور دوران (٤) فكان نتؤان او سقاطتان على محور الميزان يدخلان بين اسنان دولاب الانفلات المنتظم ثم يتحرران منها فيسببان ترجحا منتظما للميزان . تنقل حركة دولاب الانفلات المنتظم الى عقرب فردي في ميناء الساعة .

ان للاثقال الساقطة في الساعات عائقا واضحا وهو ان نقلها ليس بالامر السهل . فمنذ منتصف القرن الخامس عشر صنعت ساعات صغيرة تديرها نوابض ويمكن نقلها . لم تكن الساعات الاولى المدارة بالنوابض دقيقة وقد ظهرت على بعضها عقارب الدقائق لكن عقارب الثواني ظلت مجهولة حتى ظهور الرقاص .

في عام ١٦٥٧ حدد العالم الهولندي كريستيان هويغنس (١٦٢٩ ـ ١٦٩٥) بتأثير من فكرة العالم الايطالي غليليو (١٥٦٤ ـ ١٦٤٢) مواصفات الرقاص الهزاز الدقيق وطبقها



(٧) ـ لهذه الساعة التي تعود الى القرن السابع عشر (ب) ميزان زنبركي (١) على قب الميزان (٢) الذي يترجح اولا باتجاه ثم اخر تحت تأثير توتر الزنبرك (أ) . يقصر المنظم (٣) الزنبرك ويطوله لتعديل التوتر الذي يضبط بدوره النوابض وبالتالي دقة الساعة .

(٨) ـ تدير الساعات الميكانيكية الشائعة اليوم الطاقة المخزنة في الزنبرك الرئيسي (١) . تحرر هذه الطاقة بدفعات صغيرة مضبوطة في آلية انفلات تحتوي على زنبرك (٢) وميزان (٣) ودولاب افلات (٤) . يدير الزنبرك الرئيسي دولابا كبيرا (٥) يدير بدوره المحور المركزي (٦) وعقرب الدقائق (٧) بواسطة الترس المركزي (٨) وزنبرك الاحتكاك (٩) . يدور عقرب الساعات (١٠) بجزء من اثني عشر جزءا من سرعة عقرب الدقائق بواسطة مسننات (١١) يحركها ترس صغير بمقادير صغيرة مضبوطة .

على الساعة . منذ ذلك الحين صنعت ساعات ذات رقاص بمزيد من الدقة .

مشكلات الرقاصات ومضابط الانفلات

ظلت مشكلات الدقة قائمة . فكانت الرقاصات تتأثر بدرجات الحرارة التي تمددها او تقلصها فتغير طولها . وفي حوالى عام ١٧١٥ اخترع جورج غراهام اول الرقاصات العديدة المعدلة لتقلبات الحرارة . ولكن منذ ٣٠٠ سنة كان موطن الضعف الرئيسي في آليات الساعات تداخل محور دورانها مع عمل الرقاص . وفي عام ١٦٧٣ اخترع نوع جديد لضبط الانفلات بواسطة مضبط انفلات مثبت (شاكوش) (٥) مكن الرقاص الثقيل من الترجح ضمن قوس صغيرة مع درجة من الدقة ، وما تزال هذه الطريقة تستعمل في بعض الساعات . وهناك نواس آخر هو الميزان والميزان اللولبي او الزنبرك الشعري (٧) .

اخترع هوينغنس ايضا الميزان الزنبركي عام ١٦٧٥ وقد ادخله في ساعة معدة لتحديد خطوط الطول في البحر . لكن الموازين الزنبركية ، كالرقاصات ، كانت تتأثر عكسيا بتقلبات الحرارة . ولم تبتكر وسيلة موازنة فعالة في الساعة قبل عام ١٧٥٣ على يد جون هريسون (١٦٩٣ - ١٧٧٦) الذي لم تخطىء ساعته الدقيقة (كرونوميتر) التي صنعها عام ١٧٥٩ نتيجة مسابقة حكومية الا بخمس ثوان خلال سفر في البحر دام ستة اسابيع . وقد تحسنت الدقة ايضا بعد ادخال حجارة كريمة كسطوح ارتكاز . قللت هذه الحجارة الصلبة جدا من الاحتكاك وكان الياقوت الازرق والياقوت الاحمر ما يزالان الحجرين المستعملين بصورة شائعة .

ظلت الساعات تتطور وتتحسن بادخال مضابط انفلات مختلفة عليها حتى منتصف القرن التاسع عشر عندما تبنى مضبط الانفلات العتلي (الذي يعمل على مبدأ الرافعة) بشكل عام تقريبا . في هذه الآلية التي ابتكرها توماس مدج حوالى عام ١٧٥٥ ، ولكنها ظلت مهملة لنصف قرن ، تتعلق السقاطة بعتلة تنفلت من الميزان في القسم الاكبر من ترجحه . هذا التنظيم مع متانة العتلة يؤمنان درجة عالية من الدقة

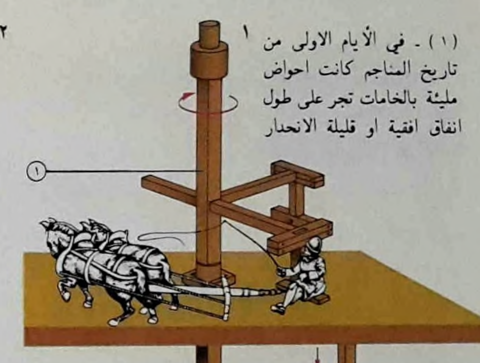
الساعات الحديثة والساعات الكهربائية

توجد الآن انواع اخرى من الساعات ، بما فيها الساعات التي تستخدم محركا كهربائيا لتدوير زنبرك او ثقل ، تنافس الساعات الآلية البحتة . فللساعة ذات المأخذ الكهربائي محرك « متزامن » يتوافق مع تذبذبات مصدر التيار المتناوب . وتستعمل الساعات ذات الرقاص الكهربائي كهرطيسا يؤمن للرقاص ترجحا دقيقا .

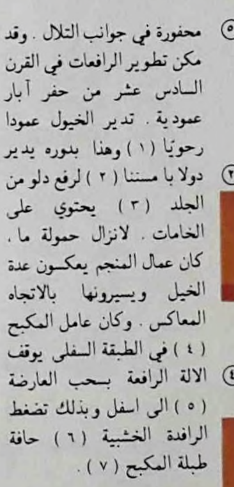
تشتمل المذبذبات على بلورات كهربائية اجهادية كالمرو (كوارتز) . تهتز البلورة وتتابع اهتزازها عندما تكون فلطية التيار المتناوب الذي يخترقها مضبوطة . تخفض الدارات الالكترونية الدقيقة التذبذبات العالية التردد الى عدد صغير من التذبذبات في الثانية فتدير المحرك الذي يدير بدوره دواليب العقارب المسننة . تبلغ دقة هذه الساعات ١/٨٠ من الثانية في السنة . والساعات الذرية التي ترتكز على تغيرات تذبذب الطاقة في داخل الذرات تفوقها دقة . وتستعمل الان هذه الساعات كمقاييس للوقت الدولي (٦) .

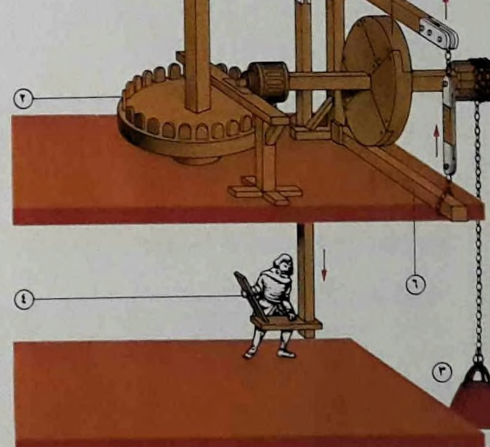
آلات الرفع

يستطيع اقوى الرياضيين ان يرفع الى مسافة قصيرة فوق الارض اثقالا تصل الى ٤٤٥ كلغ ، لكن قلة من الاشخاص العاديين تستطيع رفع اكثر من ٥٠ الى ٦٠ كلغ . سرعان ما طور الانسان القديم آلات لرفع صخور كبيرة وجذوع الاشجار . ومن ابسط الوسائل كان الدولاب الذي استعمل كمرفاع . لكن استعمال الحبل حول بكرة لا يؤدي سوى الى تغيير اتجاه السحب بينما يجعل الاحتكاك هذه الالة البسيطة اقل فعالية من السحب المباشر . لكن اذا لُف الحبل حول دولاب واسطوانة يجعل منهما ملفاف رفع يكسب ذلك فائدة ميكانيكية تمكن الانسان من رفع ثقل يزيد عن وزنه .









(١) - في الأيام الاولى من تاريخ المناجم كانت احواض مليئة بالخامات تجر على طول انفاق افقية او قليلة الانحدار محفورة في جوانب التلال . وقد مكن تطوير الرافعات في القرن السادس عشر من حفر آبار عمودية . تدير الخيول عمودا رحويًا (١) وهذا بدوره يدير دولابا مسننا (٢) لرفع دلو من الجلد (٣) يحتوي على الخامات . لانزال حمولة ما ، كان عمال المنجم يعكسون عدة الخيل ويسيرونها بالاتجاه المعاكس . وكان عامل المكبح (٤) في الطبقة السفلى يوقف الالة الرافعة بسحب العارضة (٥) الى اسفل وبذلك تضغط الرافدة الخشبية (٦) حافة طبلة المكبح (٧) .

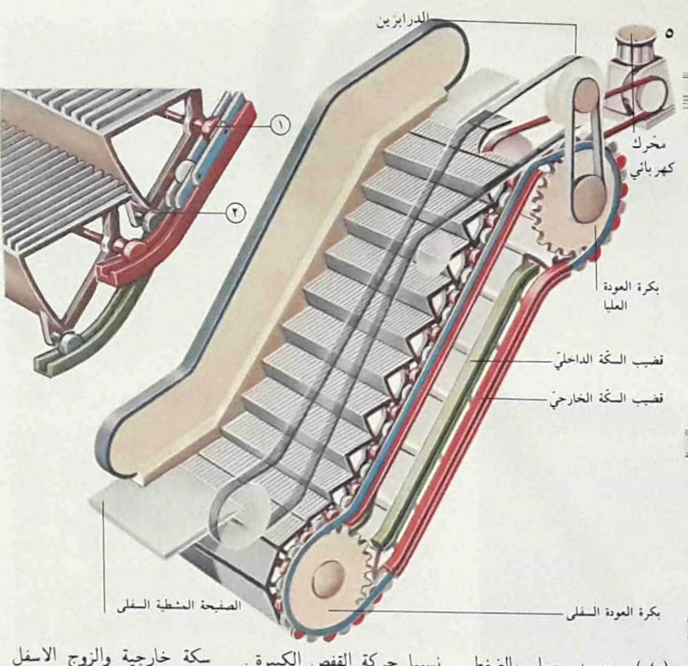
(٢) - تدير عتلة (١) المرفاع اللولبي دورة واحدة لرفع المرفاع مسافة تساوي خطوة اللولب . فاذا كانت الخطوة صغيرة يصبح بالامكان رفع حمولات ثقيلة جدا بقليل من الجهد .

(٣) - يمكن صنع مرفاع صغير باستخدام مجموعتي بكرات . لهذا المرفاع فائدة ميكانيكية تبلغ ٨ امتار من الحبل لرفع ثقل ما مترا واحدا .

ويمكن ادارة ملفاف رفع (استعمل للمرة الاولى في القرن التاسع) بواسطة ذراع تدوير يدوية. وكثير من المرافيع وغيرها من الآلات الرافعة الاولى طبق هذا المبدأ. كما يمكن ايضا استخدام الخيل والثيران والحيوانات الاخرى للقيام بعملية السحب.

اللوالب والبكرات

ليس بالامكان نسبة كثير من الابتكارات الرئيسية في العصور القديمة كاللولب والبكرة، الى انسان واحد. ومن المرجح ان يكون الاغريق قد استعملوا اللوالب في حوالى عام ٤٠٠ ق. م. ومما لا ريب فيه انه كان للولب عدة اوجه استعمال في ايام ارخميدس (المتوفي عام ٢١٢ ق. م.). ابتكر ارخميدس ذاته نوعا من المضخة قوامه لولب طويل داخل انبوب مائل الى الاعلى. فاذا جرى تدوير مقبض في الطرف الاعلى



(٤) - مصعد يعمل بالضغط المائي يعود الى القرن التاسع عشر يستعمل البكرات ايضا. تضغط مضخة (١) الماء لدفع كباس (٢). تنقل هذه الحركة الى الزوج الاسفل من البكرات (٣) لرفع قفص المصعد (٤) او لانزاله. بهذه الطريقة تحدث حركة المكبس الصغيرة نسبيا حركة القفص الكبيرة. تنظم ارتفاع القفص وسرعته حبال في داخله (٥). وهذه الحبال متصلة بمضخة الماء.

(٥) - لكل درجة من درجات السير الذي يتألف منه السلم الميكانيكي زوجا دواليب، يجري الزوج الاعلى (١) على سكة خارجية والزوج الاسفل (٢) على سكة داخلية. على القسم المائل من السلم السكتان متوازيتان، اما في الطرفين فتنفصلان لتجعل الدرجات افقية لدخول الناس وخروجهم. ويمكن استعمال السلم الميكانيكي حتى عندما يكون متوقفا عن العمل.

من المضخة كان بالامكان رفع الماء الى هذا الطرف فيسيل من قمة المنحنى اللولبي. كان هذا النوع من المضخات يستعمل للري في وادي النيل. وفي العهد الروماني وفي القرون الوسطى كانت مكابس لولبية تستعمل لعصر الزيتون والعنب.

في القرن الثالث عشر اقتفى الراهب الفرنسي فيلار دي هونكور آثار ارخميدس وصنع آلة لولبية للرفع بدلا من الكبس الى اسفل. لهذا الجهاز المعروف اليوم باسم المرفاع اللولبي (٢) تطبيقات عديدة، من رفع سيارة لتغيير دولاب، الى رفع ابنية بكاملها لادخال طبقة تحتها تشكل دورا ارضيا جديدا.

كان قدامى الاغريق ايضا يعرفون البكرات ويستخدمونها لانزال تمثال اله على المسرح كذروة في المسرحيات الدينية. وفي ايام المسيح كان مهندسون رومانيون يصممون

٦



(٦) - يستعمل المرفاع البرجي في تشييد الابنية العالية. يثبت المرفاع في الارض او في البناء ذاته ويزاد طوله في الارتفاع مع تقدم البناء. يتألف المرفاع من عارضات قياسية متشابكة ويحمل ذراعا افقية توازن ثقلها وثقل حمولتها كتلة من الاسمنت. ويمكن نقل الرافعة في حافلة تسير على طول الذراع الافقية ويتم التحكم بها من غرفة السائق.

(٧) - تستعمل عربة مزودة بالمرفاع الشوكي لوضع ونقل بضائع موضوعة على منصات خشبية نقالة. يوازن الحمولة جسم ثقيل في الجزء الخلفي من العربة. يسير اكثر العربات محرك كهربائي ولكن بعضها يعمل بمحرك ديزل او محرك بنزين تحت ضغط منخفض. ويسير المحرك ذاته الآلية المائية او السلاسل التي ترفع الشوكات وتخفضها كما يمكن للشوكات الانحناء الى الوراء لتؤمن سلامة الحمولة عند تحريكها. لبعض العربات صارية متداخلة تمكن الشوكات من رصف حمولات ترتفع حتى خمسة امتار فوق الارض. تتراوح قدرة الحمل بين ٥ اطنان للآلات الصغيرة وحتى ٥٠ طنا او اكثر.

٧



ويصنعون بكرات متعددة لرفع الاحمال الثقيلة . وقد نصبت في روما القديمة مسلة مصرية من الجرانيت تزن ٢٠٠ طن ، شبيهة بما يسمى بمسلات كليوبطرة القائمة الآن في نيويورك ولندن بواسطة بكرات وفرق من العبيد الذين كانوا يزودون القوة العضلية . واليوم تعمل المرافع الحديثة الصغيرة (٣) ، بالمبادىء ذاتها .

الآلات الرافعة (المرافع)

يمكن ايضا ان تستعمل للرفع آلات تستخدم مسننات للحصول على فائدة ميكانيكية . كان عمال المناجم في القرن السادس عشر ينقلون حمولات من خامات الحديد والمعادن الاخرى باستعمال الخيول فقط (١) . وبعد ذلك طبقت مرافع تستعمل المحركات البخارية - وحتى المحركات الكهربائية في بعض المرافع الحديثة منها - مبادىء مشابهة .

كانت المرافع (الونش) الاولى مجهزة بالحبال والبكر ليس الا ، وتستعمل قائمتين او ثلاث من الخشب ترتكز حول الثقل المراد رفعه . وكان يؤمن القوة ملفاف رفع او دواليب الدوس للاحمال الثقيلة . وفي القرون الوسطى كانت مشاريع البناء وانشاء ارصفة الموانىء تعتمد على آلات من هذا النوع لرفع كتل ضخمة من الصخور .

للمرافع الحديثة نوعان رئيسيان يعرفان بالمرافع الجسرية والمرافع الزراعية . يستعمل كل منهما نوعا من ملفاف الرفع له حبل من الاسلاك الفولاذية ملتف حول اسطوانة يديرها محرك . للمرفاع الجسري ما يشبه العارضة الصندوقية المسماة بجسر الرافعة يجري على سكتين طويلتين مرتفعتين ، تحت كل من طرفيه . تستطيع العارضة الصندوقية التحرك الى الامام والى الوراء على طول السكتين ، ويكون جهاز الرفع محمولا في حافلة تستطيع الانتقال من طرف الى آخر على طول عارضة الجسر . وتركب المرافع الجسرية عادة فوق ورشة عمل لرفع اثقال كجذوع الشجر والعارضات .

رفع الاشخاص

ان ناطحات السحاب والابنية العالية لم تكن ممكنة بدون المصاعد التي تصل بين عشرات الطوابق التي تتألف منها . في عام ١٨٥٧ ركب المخترع الامريكي اليشع اوتيس (١٨١١ - ١٨٦١) في مخزن كبير في نيويورك مصعدا يعمل على البخار .

كانت المصاعد الاولى تطبق مبدأ المرفاع اللولبي ولكن ما لبثت ان حلّت محلها في السبعينات من القرن الماضي مصاعد تستخدم ضغط الماء . كان الماء او الزيت او سائل اخر يضخ ليضغط على مكبس يرفع بدوره الثقل . يستخدم كثير من المصاعد ضغط الماء والبكرات معا (٤) فيمكّن ذلك من اطالة مسيرتها . في القرن العشرين ازداد ارتفاع الابنية ، ولا سيما في الولايات المتحدة ، واصبحت الابنية الشاهقة اليوم تحتاج الى مصاعد تسيرها الطاقة الكهربائية بسرعة تزيد على ٤٠٠ م في الدقيقة .

في محطات سكك الحديد تحت الارض وفي المخازن الكبرى يظل سيل متواصل من الناس يتدفق بين المستويات المختلفة . حلت المشكلة هنا بواسطة السلالم الميكانيكية المتحركة .

آلات نقل التراب

كان من الضروري ، لبناء حصون العصر الحديدي ، ولحفر الاقنية فيما بعد ، ولمد السكك الحديدية وشق الطرق الحديثة ، نقل مئات الاطنان من التراب . نتيجة لذلك ،

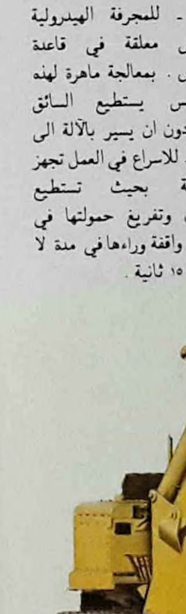
اخترع الانسان ، منذ العصر الحجري حتى يومنا هذا ، آلات مختلفة للقيام بهذه الاعمال .

كانت احدى الآلات الاولى لنقل التراب عربة اليد التي اخترعها الصينيون قبل عام ١١٨ ق . م . كان لهذه العربة عجلة كبيرة يبلغ قطرها مترا او اكثر ، وكانت حمولتها فوق العجلة او على جانبيها . اما عربة اليد الاوروبية القديمة الشبيهة بعربات اليوم ،

(١) ـ يستطيع الجاروف المعد للحفر والحمل ان ينقل ايضا الحطام على مسافات قصيرة . ويمكن ان يكون للجاروف المجنزر قادوس يرفع ٤ م٣ من التراب . وقد يجهز بادوات خاصة تمكنه من رفع الصخور واجذاع الاشجار ونقلها .

(٢) ـ للمجرفة الهيدرولية مكابس معلقة في قاعدة القادوس . بمعالجة ماهرة لهذه المكابس يستطيع السائق الحفر دون ان يسير بالآلة الى الامام . للاسراع في العمل تجهز المجرفة بحيث تستطيع الدوران وتفريغ حمولتها في شاحنة واقفة وراءها في مدة لا تتعدى ١٥ ثانية .

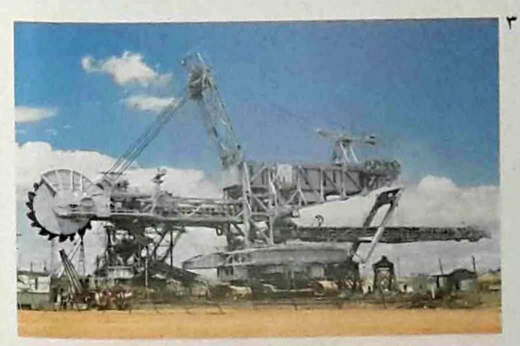
١



٢



٣



فكانت ذات عجلة صغيرة بعض الشيء توضع الحمولة بينها وبين الذراعين . بواسطة المعاول والرفوش وعربات اليد وحدها بنيت شبكة الاقنية الاوروبية بكاملها وكثير من السكك الحديدية الاولى (٦) .

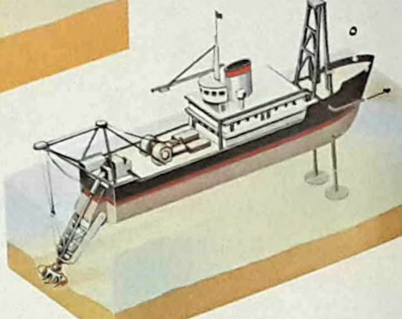
آلات نقل التراب الحديثة

مع ان عربة اليد لا تزال تستعمل في المشاريع الصغيرة ، اصبح لدى المهندسين المدنيين اليوم امكانية الاختيار بين عدد كبير من الات نقل التراب المتخصصة . كانت الحفّارة احدى هذه الآلات الاولى ، ثم جاءت الحفّارة الميكانيكية في اوائل القرن التاسع عشر كأحد تطبيقات المحرّك البخاري .

توجد اليوم انواع عديدة من الحفارات التي صمم كل نوع منها للقيام باعمال معينة . فللحفارة ذات الكبل مثلا شاحنة مزنجرة للتحرك فوق تربة لينة غير مستوية (٨) .

(٣) - تستطيع الحفارة بعجلة المجهزة بقادوس يصل قطره الى ٢٠ م نقل عدة امتار مكعبة من المواد الناعمة الى حزامها الداخلي . انها مفيدة بنوع خاص لنقل اكوام المعادن المسحوقة كالصلصال الصيني وغبار الفحم الحجري .

٤



٥

٦

(٤) - للكراءة بقواديس سلسلة مغلقة من القواديس تغرف الرواسب الطينية من قيعان البحار او الانهار . يفرغ الركام آليا في قناة تفريغ او في زورق مربوط على طول الكراءة . وفي حال العمل في حوض للسفن يفرغ الركام مباشرة في شاحنة قلابة . ليس لأكثر الكراءات بقواديس محركات ، لذلك لا بد من جرها الى مكان عملها بواسطة زوارق قطر . غير ان بعض الكراءات الذاتية الدفع تستعمل احيانا لحفر الاقنية او بعض المناطق المعزولة .

(٥) - للكراءة الماصة مضخات تمتص الركام بشكل أوحال رخوة تسمى اطيافا سائلة . المواد الصلبة تحطم بواسطة نوافير مائية عالية الضغط او بواسطة آلات قاطعة . اكثر الكراءات الماصة ذاتية الدفع وتستطيع التحرك والانتقال للتفريغ .

(٦) - في اوائل عهد السكك الحديدية كان اكثر العمل يتم بالأيدي . وكانت المعاول والرفوش تستعمل لحفر التربة كما تستعمل عجلات اليد لنقلها . حفرت المسافة بين لندن وبرمنغهم البالغ طولها ٣ كلم عام ١٨٣٨ . كانت الخيول تجر العربات المحملة فوق الواح خشبية ممدودة على الجوانب المنحدرة من الخندق . لكن كان على العمال ان يوجهوا سير العربات مما كان كثيرا ما يسبب حوادث .

في هذه الآلة يلتقط التراب قادوس الحفر المعلق بذراع مرفاع ، ثم يرفعه ليفرغه . لكن يجب استعمال قادوس خفيف لرفع التراب الناعم او لنقل المخزون الاحتياطي من المعادن الترابية كالخامات المسحوقة ، كما يجب استخدام قادوس متوسط الثقل في اعمال الحفر العادية . لكن لا بد في اعمال الحفر العميق في الاراضي الصخرية من قواديس ثقيلة لتأمين اختراق كاف وتلافي التلف المفرط . في جميع هذه العمليات يتم الحفر عندما يسحب القادوس الى الوراء على الارض بعد سقوطه من طرف ذراع المرفاع .

تعتبر الحفارات الضخمة المجهزة بقادوس وعجلات (٣) من اعظم الانجازات الهندسية في العالم من حيث الحجم والفعالية . انها من اضخم الآلات الارضية الناتية الدفع ، وتستخدم في عمليات الحفر السريع او لنقل كميات كبيرة من المواد الرخوة كالفحم الحجري

٧



٨



(٧) ـ الكاشطة آلة اساسية في مشاريع بناء الطرق الحديثة . تستطيع الكاشطات الكبيرة الذاتية الدفع او المقطورة ان تحمل ما لا يقل عن ١٠٠ م٣ من التراب . لزيادة قوتها يمكن ان يركب في مؤخرتها محرك ديزل . هذه القدرة الهائلة هي التي تمكن الشفرة الموجودة تحت الكاشطة من ان تنزع طبقات التراب وتدفعها الى داخل القصعة . تنظم مكابس هيدرولية تديرها المحركات الرئيسية ارتفاع الشفرة وحركة الباب الخلفي الني يمكن رفعه او ازاحته جانبا لتفريغ الحمل . لجميع الكاشطات عجلات ضخمة من المطاط .

(٨) ـ الحفارات ذات الكبل ، وهي نوع من مجرفة دوارة لها ذراع طويلة ، هي مثالية لازالة التربة الفوقية عن رواسب الفحم والمعادن الاخرى القريبة من سطح الارض . اذا كانت الذراع طويلة ، جعلت القواديس خفيفة او جعل للآلة ثقل موازن .

والخامات المسحوقة . وهي تستطيع نقل ما لا يقل عن ١٠٠٠٠ م ٣ في الساعة .

الكرّاءات هي مجرد حفارات عائمة تستعمل لرفع الاوحال والغرين من الموانىء واحواض السفن ومجاري الانهار . ويمكن ان تستعمل ايضا لاستخراج الرمل والحصى والمعادن الاخرى . لها هياكل شبيهة بهياكل السفن ، وقد تكون غير مجهزة بمحركات فيجب نقلها الى مواضع عملياتها ، او مجهزة بالالات الضرورية التي تمكّنها من التحرك في عرض البحر . ولها محركات ديزل لتدير الالات فيها مباشرة او لتغذي مولدا يؤمن الطاقة للمحركات الكهربائية .

هناك ثلاثة انواع رئيسية من الكراءات : الكراءات بالقواديس (٤) والكراءات المغرفية والكراءات الماصة (٥) . للكراءات بقواديس سلسلة مغلقة من القواديس مثبتة على حزام تجرف المواد من القاع . وللكراءة المغرفية اما مجرفة آلية (المغرفة) تدور على محور في طرف ذراع طويل او دلو محاري الشكل (الكباش) للحفر ورفع الحطام . لاكثر الكراءات بقواديس والكراءات المغرفية زوج من القوائم المعدنية التي تصل الى القاع وتؤمن استقرار الكراءة . اما الكراءات الماصة ، فتعمل كمنظفات خوائية جبارة تستعين بمضخات قوية لامتصاص الرواسب الطينية من القاع .

المجارف والتركتورات

« حمار الشغل » ، من بين آلات نقل التراب التي تعمل على الارض . هو المجرفة الميكانيكية التي كثيرا ما يطلق عليها اليوم اسم « الحاملة الهيدرولية » (٢) . قد تكون مجهزة بشاحنات مجنزرة او بعجلات (مع عجلتين او اربع عجلات دافعة) . تستطيع الحاملة من النوع المجنزر الدوران في مساحة ضيقة ـ حتى التي لا تتعدى طولها ـ ، لكن الحاملة ذات العجلات تفوقها سرعة الى حد بعيد . في كلا النوعين تقوم العمليات العادية على تحميل القادوس الحفار والانتقال به الى كومة ركام او الى شاحنة قلابة لتفريغ التراب فيها ثم العودة به الى مكان الحفر .

للشاحنات القلابة ، وهي آلات اساسية ايضا في العمليات الحديثة ، سعة ٢٠ طنا او اكثر . وحتى في هذه الحالة قد يكون من الضروري استعمال عدد كبير منها لتجاري سرعة الحفارات الضخمة .

الكاشطات والممهّدات

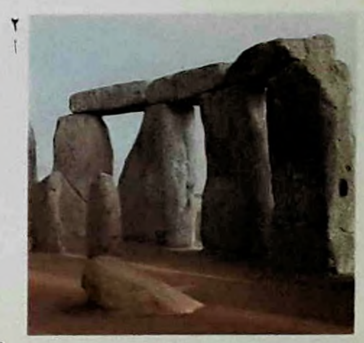
لبناء الطرق الحديثة تستعمل آلات متخصصة هي الكاشطات والممهدات . يمكن ان تكون الكاشطة ذاتية الدفع او ان يدفعها تراكتور (٧) . للكاشطة شفرة كالسكين تمهّد الارض وتفرغ طبقة التربة التي تنزعها في خزان داخلي يسمى « قصعة » ويتسع لاربعين مترا مكعبا من التراب . تنظم عمق التراب الذي يجب نزعه مكابس هيدرولية ، وتستطيع الكاشطة نقل حمولتها الى مكان قريب لتفريغها فيه . يفرغ التراب تدريجيا او دفعة واحدة باهتزاز باب خلفي .

لانهاء الاساسات الترابية للطريق بشكل دقيق قبل تزفيتها تستعمل آلة تدعى الممهدة التي لها شفرة يتراوح عرضها بين م ٢ و ٤ م ، وهي ذات تحكم هيدرولي وتوجد بين العجلات . اكثر هذه الآلات ذاتي الدفع .

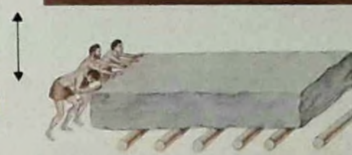
نقل الاحمال الثقيلة

تستطيع المرافيع العادية المستعملة في صناعة البناء وفي تحميل السفن رفع اثقال تصل الى ٢٠٠ طن . لكن هناك مشكلات اصعب من هذه . فعندما نريد مثلا ان نرفع قطعة كبيرة من السفينة مصنوعة مسبقا وتزن ١٥٠٠ طن (كالبنية الفوقية من السفينة او الجزء الأمامي من الجؤجؤ) وان نثبتها في مكانها النهائي (٢) ، او عندما نريد ان ننقل صاروخا يزن ٦٠٠٠ طن على مسافة ٥ كلم لنضعه في مكان اطلاقه (٣) ، أو عندما نريد ان ننقل قطعة تزن ٧٠٠٠ طن من مدرج الى آخر (٦) ، فكل من هذه العمليات يتضمن نقل احمال ثقيلة .

١ أ

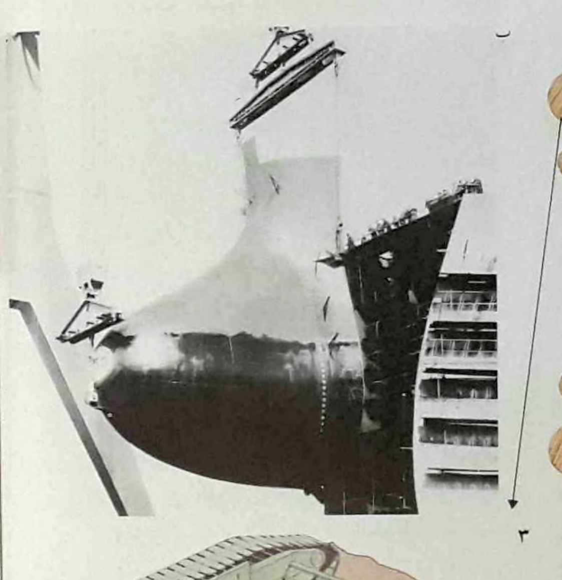


ب



(١) ـ فكَّر انسان ما قبل التاريخ في مشكلة تخفيف الاحتكاك تحت الاحمال الثقيلة ، ووجد بعض الحلول لها . تشمل الامثلة على ذلك التي وصلتنا الاحجار الضخمة التي استعملت في بناء ستونهنج (أ) في سهل سلزبري بانجلترا والتي ربما تكون قد نقلت على جنوع اشجار وضعت تحت الاحجار لتقوم مقام دحاريج اسطوانية (ب). بعد ان يتحرك الحمل بعض المسافة ، كانت الجنوع تنقل من الوراء وتوضع امامه . وكانت الجنوع الكبيرة القطر تمكّن من تحاشي الوقوع في الاخاديد الصغيرة . كما كانت الجنوع الطويلة تخفف من الثقل على الارض . وكانت القوة المحركة تؤمنها مباشرة عضلات البشر أو الحيوانات . ومن الممكن ايضا ان تكون العتلات قد استعملت لدحرجة الجنوع . هكذا تمكن الانسان القديم من نقل احمال ثقيلة جدا .

٢ أ ب ٣

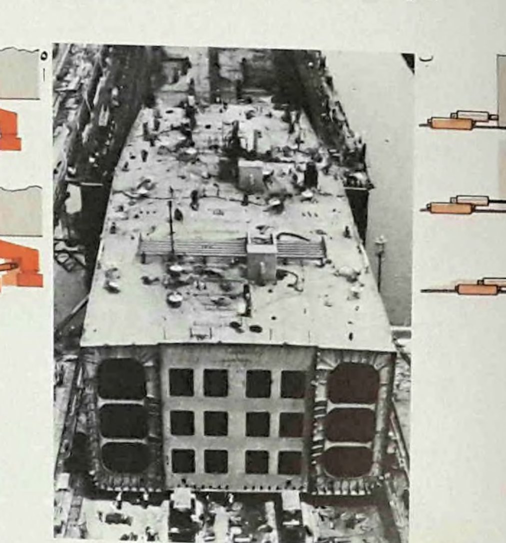


(٢) ـ كان مبدأ استعمال البكرات المتعددة للحصول على مكاسب آلية معروفا منذ قرون . فاذا كانت البكرات موصولة

ما هي الأحمال الثقيلة ؟

للقدرة على نقل احمال ثقيلة اهمية متزايدة في الصناعات الهندسية ، لأنه اصبح من المسلم به ان جمع الاجزاء المختلفة من بناء كبير معا في مكان معين قبل نقلها الى مواضعها النهائية يخفف من اكلاف ذلك البناء . لكن البنيات المصنوعة مسبقا اخذت تزداد حجما وثقلا ، فنشأت تقنات نقل جديدة اثبتت فعاليتها ، فكان من الضروري للصناعات الأخرى أن تتبناها .

لا شك ان كلمة « ثقيل » كلمة نسبية ، وهي تشمل في هذا المجال احمالا تتراوح بين مئات الاطنان وعشرات آلاف الأطنان . ومن المعروف ان نقل احمال كهذه قد أثار مشكلات للمهندسين طيلة آلاف السنين ، وقد قُدمت تفسيرات متنوعة لشرح كيفية نقل الصخور التي بنيت بها الأهرام أو اقيمت منها الانصاب المعروفة بالستونهنج . لا شك ان



بحبل واحد . فحساب عدد الخطوط الحاملة للثقل فعليا يعطي مقدار المكسب . في (أ) يرى مكسب يبلغ ستة اضعاف . اكثر الرافعات تستخدم هذا المبدأ ، لكن من سيئات هذه التقنة انها تقتضي لف قسم طويل من الحبل لرفع الحمولة مسافة قصيرة . تستطيع مرافيع قنطرية ضخمة (ب) رفع ١٥٠٠ طن ، وهي تستعمل الآن في احواض بناء السفن في العالم بأسره .

(٣) ـ تنقل الجرارة المزنجرة صفائح ممفصلة تتحرك آليا من الوراء الى الأمام جاعلة الحمولة تتدحرج فوقها . يخفف الثقل عن الأرض باستعمال صفائح عريضة . تؤمن العجلات والزناجير القوة المحركة . استعملت هذه التقنة لنقل مقنوفات ساتورن (٦٠٠٠ طن) الى برج الاطلاق .

(٤) ـ باستطاعة الرافعة المائية ان ترفع احمالا ثقيلة للغاية ، مثل هذا الجزء من السفينة الذي يزن ٤٠٠٠ طن (ب) ، شرط ان يكون لها ملاقط ذات ردة فعل بطريقة خاصة . ترتفع هذه الملاقط (أ) الى فوق خلف الحمل ثم تثبت في مكانها كل مرة حيثما يلزم .

(٥) ـ للرافدة المتنقلة « قدمان » تحملان الحمل بالتناوب (أ) . من الممكن اعطاء « القدم » المساحة اللازمة لحمل اي حمل على الارض ، كما يمكن ايضا ، بحسن اختيار الاساليب الهندسية المطلوبة ، جعل الرافدة المتنقلة تتجه في اي اتجاه ، لا بل تدور على نفسها ايضا . البنية (ب) الظاهرة في الرسم تحملها وتديرها أربع روافد متنقلة .

الطريقة القائمة على استعمال جذوع الاشجار بمثابة دحاريج اسطوانية كانت معروفة في تلك الحقبة من التاريخ ، وان القدرة الحيوانية او البشرية كانت كافية في هذه الحالة لتأمين القوة المحركة الضرورية .

بدأ الانسان بالعتلة . وسرعان ما اكتشف كيف يركب القوة المحركة من ثقل ونقطة ارتكاز (محور) . بهذا المعنى يعزى لأرخميدس (٥) قوله : « اعطوني نقطة ارتكاز ثابتة لأقف عليها فأرفع لكم الأرض » . فقد أدرك هذا العبقري ان استخدام عتلة طويلة يعطي مكسبا آليا ، فاستنتج من ذلك انه من الممكن اذن تحريك الثقل مسافة قصيرة بتحريك الأداة المحركة مسافة أطول .

ما هي المشكلة ؟

أثار نقل الأحمال الثقيلة في كل حين مشكلتين مختلفتين : كيف يمكن تخفيف

(٦) - في تقنة الوسادة الهوائية توضع الحمولة فوق هواء عالي الضغط ليرفعها قليلا ويتمكن من الانفلات (أ) . يعمل هذا الانفلات المتواصل للهواء كحامل . ويصبح معامل الاحتكاك بين الحمولة والسطح منخفضا جدا ، وتتوزع الحمولة على الوسادة بكاملها . صمم الملعب المدرج في اوهاو (جزر الهاواي) بحيث يكون بالامكان نقل المنصات من شكل مستطيل (ب) (لكرة القدم) الى شكل المعين (ت) (لكرة القاعدة) . يفضّل نظام الوسادة الهوائية لأنه يخفف الاحتكاك . لكن نشأت مشكلات بالنسبة الى السطوح الملساء بسبب الريح .

٦

أ

ب

ت

٧

(٧) - قام ارخميدس باكتشاف قوانين البكرة والمرفاع . يعزى له قوله انه اذا اعطي نقطة ارتكاز وعتلة طويلة يستطيع رفع العالم .

الاحتكاك تحت الحمل ، وكيف يمكن تأمين القوة الكافية للتغلب على الاحتكاك الباقي عندما يتحرك الحمل . لحل المشكلة الأولى ، أي لتخفيف الاحتكاك ، استعملت جذوع الاشجار كدحاريج اسطوانية ، ثم العجلات المختلفة الأنواع . ولحل المشكلة الثانية ، استعملت الشحوم لتسهيل حركة الحمل لاسيما في صناعة بناء السفن . كذلك استعمل في زمن ليس بالبعيد طلاء من اللدائن المزلّقة ، كما استعملت وسادات هوائية أو مائية تعمل كحوامات .

هناك نوعان من الاحتكاك ينجمان عن تحريك أي شيء : الاحتكاك الاستاتي أو الثابت الذي لا بد من التغلب عليه لبدء تحريك شيء ما ، والتحريك الدينامي او الحركي الذي يقاوم استمرار الحركة . يحدد معامل الاحتكاك بين مادتين بالنسبة القائمة بين القوة اللازمة لتحريك الحمل ووزن هذا الحمل .

لكن استعمال وسائل تخفيف الاحتكاك لا يخلو من الصعوبات . فالاحمال التي يبلغ وزنها آلاف الأطنان لا بد لها ، بعد ان تبدأ تحركها ، ان تتوقف ايضا . لذلك ، عندما تكون معاملات الاحتكاك منخفضة ، لا بد من تركيب وسائل كبح . فبعد ان تنزل سفينة الى البحر تحتاج الى سلاسل وكبلات قوية لايقافها .

يمكن استعمال أي نظام تقليدي كقوة محركة بشرط ان يتغلب على قوى الاحتكاك المتبقية . فعندما تستعمل رافعات ضخمة كالرافعات القنطرية (٢) لنقل حمل من مكان الى آخر ، فانها تزيل الاحتكاك بينه وبين الأرض بمجرد رفعه ، لكن ذلك يفترض ان الضغط يقع على نقط مختارة من الأرض تكون قد قويت مسبقا لهذا الغرض .

تقوية السطح الحامل

هناك صعوبة تعود الى تحضير السطح الذي عليه يتحرك الحمل تحضيرا مناسبا ، وهذا يقتضي حساب الحد الأقصى لما يمكن ان يتحمله السطح . هذه الكمية معروفة بالنسبة الى اكثر المواد . فالحصباء المرصوصة مثلا تتحمل على الارض وزن ٣٣ طنا في المتر المربع ؛ والرمل الرطب ٥,٥ ط/م٢ ، واذا زاد وزن الحمل عن هذا الحد تنخفس الحصباء او ينخفس الرمل ويغوص الحمل . ومن الواضح ان زيادة المماسّة بين الحمل والمساحة تخفف الضغط . لذلك تحمل زلاقات الثلج انسانا على الثلج اللين بينما تجعله الجزم العادية يغوص فيه .

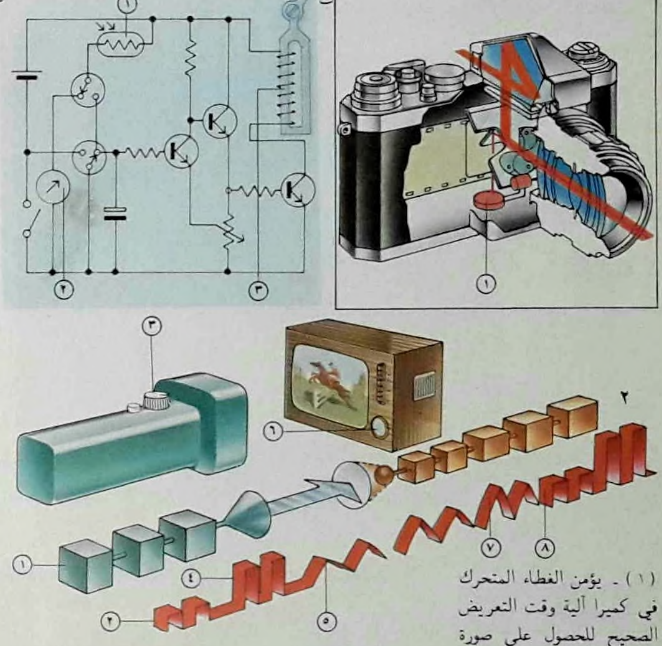
في اكثر تقنات نقل الأحمال الثقيلة لا بد من ايجاد طريقة لتوسيع المساحة الحاملة ، غير ان المشكلة الناجمة عن مقاومة التربة لم تجد بعد حلا كاملا لها . فالزلاقة المائية ، تستطيع حمل اثقال فوق الماء ، لكنها تغوص في الرمل الناشف عندما يطير الرمل من تحت الحمل تحت ضغط الهواء .

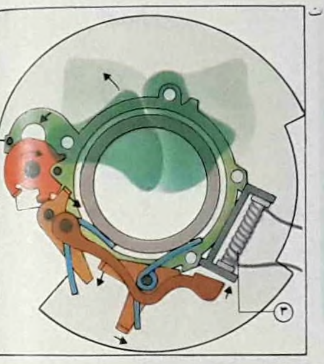
يتضح لنا بسرعة يوما بعد يوم ان ليس هناك طريقة واحدة لنقل احمال متنوعة فوق سطوح مختلفة في اوجه استعمال مختلفة ، وان الاجابات عن المسائل المطروحة هنا لا تتعدى القليل من الحلول الحديثة لها وهي : الرافعة القنطرية لرفع بنيات السفن ، والمرافيع المجنزرة لنقل صاروخ زحل ، ووحدات الوسادة الهوائية لنقل منصات الملاعب المدرجة .

الأجهزة الالكترونيّة

الالكترونيات علم يعنى بالتيارات الكهربائية المنتقلة في قطع كالصمامات والترنزستورات والصمامات الثنائية وانابيب الاشعة الكاثودية وكثير غيرها . عندما تجمع مثل هذه القطع المختلفة فتؤلف دوائر معدة لتأمين اعمال كهربائية معينة تسمى الالة الناتجة عن ذلك جهازا الكترونيا .

يعتمد عالمنا الحاضر اكثر فاكثر على اجهزة الكترونية من جميع الانواع في الصناعة والتجارة والمنازل . هذه الاجهزة لا حصر لها ، مع ان القطع التي تتألف منها قليلة العدد نسبيا . يفضل اليوم مصممو الدوائر الالكترونية استعمال القطع الجافة كدوائر





(١) ـ يؤمن الغطاء المتحرك في كميرا آلية وقت التعريض الصحيح للحصول على صورة ممتازة . يبين الرسم البياني لمسار الضوء (أ) كيف ان جزءا من الضوء الساقط ينعكس على خلية حساسة للضوء (١) . ويبين الرسم (ب) جزءا من الدائرة الالكترونية التي تتحكم بالغطاء . في بادىء الامر تتحكم خلية الخرج بمقياس مدة التعريض (٢) ، لكنها تتحول آليا الى دائرة التوقيت قبل التعريض مباشرة . ويحتوي الغطاء (ت) على آلية اعتاق كهرطيسية (٣) .

(٢) ـ في جهاز التحكم البصري عن بعد ، يحدث مذبذب متعدد التوافقيات (١) نبضات (٢) بفضل اداة تحكم دوارة (٣) . تتضخم النبضات (٤) فتعدل الضوء ، لاحداث مجموعة من النبضات بشكل اسنان المنشار (٥) يستقبلها ترنزستور ضوئي (٦) في جهاز التلفزيون فتتضخم مجددا (٧) لتعديل اشكال النبضات(٨). عندئذيمكن استخدام هذه الاشارات للتحكم بجهاز اختيار الاقنية وحجم الصوت في تلفزيون الاستقبال.

(٣) ـ تشير الآلة الحاسبة الحديثة (أ) الى ارقام باستخدامها عدة صمامات ملأى بالغاز تدعى انابيب « نكسي » (ب) . لهذه الأنابيب عشرة كاثودات تشير الى الارقام من صفر الى ٩ احدها تلو الآخر . كل كاثود هو سلك دقيق والكاثود الوحيد الذي

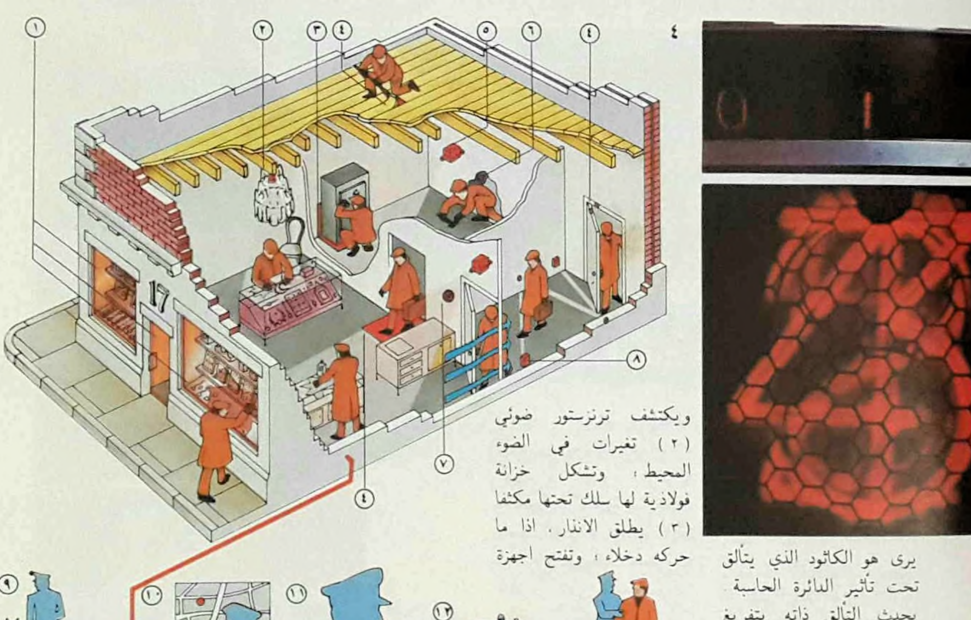
التكامل والترنزستورات لانها اصغر حجما من الصمامات (المعروفة ايضا بالانابيب الفراغية) واقل ثمنا واكثر جدارة بالثقة . اما التطبيقات العالية القدرة التي ليس هناك ما يساويها في الحالة الجافة . فانها حالات شاذة . الترنزستور قطعة الكترونية منفصلة يمكن ربطها باسلاك مع ترنزستورات اخرى ومكثفات ومقاومات لتشكيل دائرة . في دائرة تكامل تجمع هذه القطع كلها في كبسولة من

المواد نصف الموصلة التي لا يتعدى قطرها بعض المليمترات .

من بين التطبيقات الالكترونية التي لا حصر لها اختيرت الاجهزة الثمانية الموصوفة هنا لاظهار امكانات الاجهزة الالكترونية التي تخترع باستمرار في العالم الصناعي .

الالكترونيات والضوء

الالكترونيات البصرية فرع من الفيزياء



يرى هو الكاثود الذي يتألق تحت تأثير الدائرة الحاسبة . يحدث التألق ذاته بتفريغ كهربائي في الغاز عندما تحصل فلطية بين الكاثود واحد الانودات المشتركة .

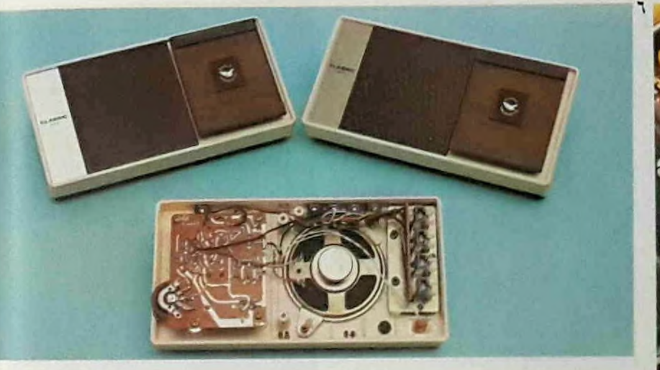
(٤) - تعمل الاجهزة الالكترونية ضد السرقة بواسطة الكترودات (١) متصلة بزجاجة تكتشف تغيرات السعة عندما تتحطم الزجاجة ، ويكتشف ترنزستور ضوئي (٢) تغيرات في الضوء المحيط ؛ وتشكل خزانة فولاذية لها سلك تحتها مكثفا (٣) يطلق الانذار . اذا ما حركه دخلاء ، وتفتح اجهزة الملامسة (٤) الدوائر او تقفلها ، وتتصل كميرا تلفزيونية (٥) بشاشة عرض . فيما يحس كاشف كهرطيسي (٦) بالذبذبات ، وهناك مروحة تحفظ الضغط خفيفا . فعندما يفتح باب يكتشف غشاء حساس للضغط (٧) زيادة في الضغط ؛ وتعكس مرايا حزمة فوق بنفسجية او تحت حمراء على خلية كهرضوئية (٨) . ويتغير التيار المولد عند قطع الحزمة . يكون جهاز الانذار متصلا بحراس أمن خارجيين يقومون بالتحقيق (٩) فينبه جهاز تلقائي (١٠) مخفر الشرطة . تتلقى سيارة (١٢) الرسالة المنقولة باللاسلكي (١١) .

يدرس العلاقات بين الالكترونيات والاشعاعات الضوئية . من تطبيقاتها النموذجية طريقة حساب سلاسل الانتاج بالجملة ؛ في هذه الطريقة يمكن ايقاف حزمة من الضوء تكرارا بجعل المنتوجات تمر على حزام مرافق لها . تتركز حزم الضوء المنتجة على خلية كهرضوئية وتحسب الكترونيا .

هناك تطبيق آخر للالكترونيات البصرية من شأنه توفير اليد العاملة ، هو التحكم عن بعد في جهاز تلفزيوني (٢) . هنا النظام هو في اساسه كناية عن جهاز يشبه مشعلا كهربائيا ويمسك باليد . فبمجرد اضاءة المشعل وتوجيه حزمة الضوء نحو ادوات الضبط في جهاز التلفزيون وبادارة الزر الدوار يمكن ضبط حجم الصوت والتباين وقناة الاستقبال . وهكذا يستطيع المشاهد التحكم بجهاز التلفزيون دون ان يغادر مقعده .

تحتوي حوالى ٢٠ ٪ من آلات التصوير





(٥) - تستعمل كميرا التلفزيون الحديثة ذات الدائرة المقفلة القطع والدوائر الالكترونية الصغيرة على نطاق واسع . تعمل عدسة زوم (أ) العاملة كهربائيا بمحركات صغيرة . وهي تستعمل دوائر متكاملة واجزاء اخرى على جانبي صندوقها مثبتة على لوحات لتسهيل الوصول اليها وصيانتها . وهكذا تكون الكميرا (ب) خفيفة ومدمجة وسهلة الحمل .

(٦) - الوحدات السمعية جزء من الصناعة الالكترونية المنزلية التي تنمو بسرعة . تشتمل آلة عزف الموسيقى المجسمة على جهاز مؤالفة لاسلكية وعلى علبة الاشرطة المسجلة وعلى قرص دوار يحمل الاسطوانات . لكي تصبح هذه القطع جهازا كاملا للموسيقى المجسمة يكفي ان يوصل بها مكبران للصوت محصوران في نطاقين . للحصول على نظام رباعي الاصوات لا بد من اربعة مكبرات للصوت موضوعة على ابعاد واحدة من المستمع . عندما يكون نظام سمعي قادرا على اعادة الصوت قريبا جدا من مادة البرنامج الاصلي يوصف عندئذ بانه « عالي الامانة » .

اليوم على دوائر الكترونية بصرية معدة في الدرجة الاولى لضبط سرعة الغطاء المتحرك (١) . تمكن هذه التقنات حتى اقل المصورين خبرة من تأمين الوقت الكافي للتعريض اية كانت شروط الاضاءة . وتحتوي بعض الكميرات الان على انظمة آلية تحول دون التقاط الصورة اذا لم يكن الضوء كافيا . يكون الجهاز الحساس للضوء عادة خلية من سلفور الكدميوم موصلة للضوء ، وتطابق استجابتها الطيفية (مدى الضوء الذي تحس به) استجابة العين البشرية والمستحلبات الفوتوغرافية الحديثة . هذه الخلية مثالية للتعريض الآلي وضبط سرعة الغطاء المتحرك في الكميرات .

الساعات الالكترونية الرقمية

جميع انواع الساعات الالكترونية صامتة بعكس الساعات الآلية الرقمية . انها مصممة حول دوائر تكامل وتستعين بمؤونة موصلات الكهرباء المتناوبة الرئيسية للحصول على نبضات التيار الضرورية . للمزيد من الدقة يمكن استعمال مذبذب بتحكم بلوري . تستعمل النبضات اخيرا لحث سلسلة من الصمامات الخاصة ذات الكاثود البارد والملأى بالغاز والمسماة انابيب نكسي . يتألف كل انبوب من سلسلة من الكاثودات المنظمة بشكل الارقام من صفر الى ٩ ومن انود . تجعل مجموعة الدوائر في داخل الساعة الرقم المناسب يتألق فتشير بذلك الى الوقت بالارقام على اساس ١٢ ساعة او ٢٤ ساعة . يمكن ان يتم التفريق بين الساعات والدقائق (وبين الدقائق والثواني اذا كانت هناك ثوان) بواسطة مصباح نيون او بفسحات مناسبة بين الانابيب في داخل المجموعات . تستعمل انواع مشابهة من العرض في العدادات الالكترونية كعدادات جيجر والات التصوير الاستاتية الكهربائية (٣) .

آخر طريقة للدلالة على الوقت تعتمد على عارضات من البلور السائل ، فتوضع طبقة رقيقة من هذا السائل بين صفيحتين متوازيتين من الزجاج ويوضع مصدر ضوء وراءها او امامها . وعندما يسلط تيار كهربائي على الصفيحتين يصبح السائل لبني اللون وتتشكل الارقام . يستعمل هذا النوع من العرض في بعض الحاسبات الجيبية .

اكتشاف اللصوص

اصبحت السرقات تشكل خطرا على الصناعة والتجارة يزداد يوما بعد يوم . لذلك لا بد ان تجاريها اجهزة معقدة ضد السرقة . فالالكترونيات تؤدي اليوم دورا رئيسيا في هذا المجال ، وما يزال رجال الاختصاص يصممون وسائل جديدة لتلافي الاعمال الاجرامية او للكشف عنها . فقد يجهز مثلا حانوت صائغ (٤) بعشرة اجهزة الكترونية او اكثر لاحباط محاولات اللصوص . وبالاضافة الى مراقبة بصرية دائمة بواسطة كميرات تلفزيونية بدائرة مقفلة ، تكشف اجهزة اخرى ضد السرقة عن تغيرات في ضغط الهواء او السعة او الذبذبة . فكل من هذه التغيرات يحدث صوتا في جهاز انذار موجود في مخفر شرطة قريب او في مؤسسة خاصة للامن . الاشارات اللاسلكية المرسلة الى سيارات الشرطة - وحتى صور التواقيع وبصمات الاصابع وصور المشتبه بهم التي تبث - تستعمل جميعها اجهزة الكترونية حديثة .

كيف يعمل الكومبيوتر

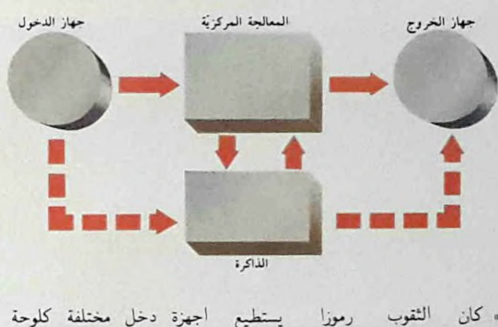
ينظر الكثيرون الى الكومبيوتر على انه معجزة الكترونية، مع ان المبدأ الذي يعمل بموجبه سهل نسبيا. فقلب الكومبيوتر كناية عن وحدة حسابية ومنطقية (تجمع وتطرح وتضرب وتقسم وتقارن بين الارقام بسرعة فائقة وبوسائل الكترونية) وعن وحدة ذاكرة يمكن بطريقة الكترونية ان تخزّن فيها عدة الاف من الارقام وان تستعاد عند الطلب.

برمجة الكومبيوتر

يقوم استخدام الكومبيوتر على تقنة تعرف بالبرمجة، اي تحويل المسألة التي على الكومبيوتر ان يحلها او المهمات التي عليه ان

١

٢



(١) - كان الرياضي البريطاني تشارلز بباج (١٧٩١ - ١٨٧١) اول من فهم انه اذا تمكنا من صنع آلة تتذكر الارقام وتتعرف الى الاوضاع الحسابية البسيطة، يصبح من السهل علينا برمجتها للقيام آليا بعمليات حسابية معقدة. كانت «آلته التفاضلية» البارعة، التي يرى جزء منها هنا، قادرة على حساب جداول معقدة، لكنها كانت تفتقر الى ذاكرة. اخترع بعد ذلك «آلة تحليلية» كان يمكن ان تصبح كومبيوترا، لكن صنعها لم ينجز لأن المهندسين عجزوا عن تحقيق مواصفاتها.

(٢) - اساس كل منشآت الكومبيوتر وحدة معالجة (وهي اساسا حاسبة بسرعة فائقة) تعمل بالتوافق مع ذاكرة. تدخل المعطيات الكومبيوتر بواسطة جهاز دخل يحوّل المعلومات والتعليمات الى سلسلة من النبضات الالكترونية التي تمثل ارقاما. غالبا ما تدخل المعطيات بواسطة بطاقات او اشرطة ورقية مثقّبة يشكل عليها وضع الثقوب رموزا يستطيع الكومبيوتر «قراءتها». يحضّر العامل البطاقات على آلات تثقيب، بينما يثقّب الشريط الورقي عادة بواسطة آلة كاتبة خاصة. اذا كان لا بد من تخزين معلومات تعجز ذاكرة الكومبيوتر الخاصة عن حفظها، يمكن تسجيلها على شريط او قرص مغنطيسيين. يحوّل جهاز الخرج النبضات الالكترونية الى معلومات يمكن طبعها على ورق او عرضها على شاشة او نقلها عن طريق وسيلة اعلام اخرى.

(٣) - تتألف منشآت الكومبيوتر الحديثة من عدة آلات مترابطة. يمكن ادخال المعطيات في النظام بواسطة اجهزة دخل مختلفة كلوحة مفاتيح (شبيهة بلوحة مفاتيح الآلة الكاتبة) او قارئة بطاقة مثقّبة او قارئة شريط مثقّب او شريط مغنطيسي. ويستطيع العامل ايضا ان يستعمل قلما ضوئيا ليرسم خطوطا على وجه انبوب اشعة كاثودية. تنتقل جميع هذه المعطيات الى وحدة المعالجة المركزية وتخزّن في ذاكرتها، او عند الضرورة تسجل في اشرطة او اقراص او اسطوانات مغنطيسية. يتحكم بعملية الكومبيوتر برنامج يجب ايضا ان يدخل فيه ويخزّن. تستشير وحدة العمليات البرنامج عند الضرورة لانجاز مهماتها المختلفة. تظهر المعلومات التي يحصل عليها الكومبيوتر على جهاز خرج

يؤديها الى المراحل البسيطة التي يستطيع عبورها . يحدد المختص بالبرمجة اي المبرمج بدقة ما يجب القيام به في كل من المراحل المتعاقبة بحيث يسمح للكومبيوتر ان ينفذ ، في هذا الوقت ، سلسلة من العمليات البسيطة . يتفوق الكومبيوتر على الانسان بقدرته على العمل دون خطأ وبسرعته المذهلة . فهو يستطيع تنفيذ مئات الاف العمليات الحسابية في كل ثانية

وتخزين النتائج المتوسطة في ذاكرته واستعادتها على الفور عند الحاجة . تخزن التعليمات المختلفة لمراحل البرنامج في ذاكرة الكومبيوتر بشكل عددي للوصول اليها على الفور عند الحاجة .

لبرمجة عملية الضرب (٦٨٣ × ٦٧) مثلا (وهي عملية صعبة على شخص رياضي هاو مع انها ابسط من ان يعالجها الكومبيوتر) ، على المبرمج ان يحول اولا العدد ٦٧ الى



مثل بطاقة مثقّبة أو شريط ورقي مثقب او جهاز عرض مرئي . لبعض انواع اجهزة العرض شاشة اشعة كاثودية بينما تعرض اجهزة اخرى المعلومات الكترونيا بشكل احرف او ارقام « مكتوبة » على الشاشة . يؤمن المعلومات المطبوعة المعروفة باسم « النسخة الواضحة » نوع من الطابعات الكهربائية . اكثر هذه الطابعات شيوعا الطابعة السطرية التي تعطي سطرا كاملا مطبوعا في وقت واحد . يمكن ايضا ان تسجل معلومات الخرج على شريط مغنطيسي .

مقوماته البسيطة ، قوى العشرة مثلا . ولكي يحل الكومبيوتر هذه المسألة عليه ان يتذكر تفاصيل الطريقة والاستجابة للتعليمات في كل مرحلة ، لذلك يحتاج الى ذاكرة . زد على ذلك انه من الممكن ان تتوقف العمليات اللاحقة على نتائج هذه العملية الحسابية .

النظام الثنائي

تتم العمليات الحسابية العادية اليومية باستعمال النظام العشري مع الارقام من ١ الى ٩ والصفر . ويمكن ان يصمم الكومبيوتر ليقوم بهذه العمليات ، لكن المهندسين الالكترونيين وجدوا انه بالامكان تصميمه بطريقة اكثر بساطة باللجوء الى النظام الثنائي الذي لا يستعمل الا رقمين هما الصفر والواحد . هذا النظام سهل ، لانه بالامكان وصل التيار الكهربائي وقطعه . فيستخدم القطع للصفر والوصل للواحد . وبما ان النظام الثنائي لا

٤

النظام العشري

النظام الثنائي

الشريط المثقب	النبضات الكهربائية
٠	٠
١	١
٢	١٠
٣	١١
٤	١٠٠
٥	١٠١
٦	١١٠
٧	١١١
٨	١٠٠٠
٩	١٠٠١
١٠	١٠١٠
١١	١٠١١
١٢	١١٠٠
١٣	١١٠١
١٤	١١١٠
١٥	١١١١
١٦	١٠٠٠٠

(٤) ـ النظام الثنائي هو السر البسيط الكامن وراء الكومبيوتر . يبين الشريط الورقي (الى اليمين) احدى طرائق تسجيل الاعداد الثنائية (الصف الاوسط من الثقوب هو لتنقّل الشريط) . يعمل النظام الثنائي وفقا لطريقة عمل النظام العشري ، لكن على اساس الاثنين بدلا من اساس العشرة . ففي النظام العشري ، تعدّ الوحدات حتى الرقم ٩ ثم تنقل الى مرتبة العشرات ؛ اما الوحدات الثنائية ، فلا تعدّ الا حتى الرقم ١ . لزيادة وحدة اخرى وليصبح المجموع ٢ ، ينقل الرقم ١ الى عمود « الاثنينات » فيدل على ٢ ، فيكون العمود الثالث في النظام الثنائي (الذي يعني المئات في النظام العشري) هو عمود « الاربعات » .

٥ أ

قراءة

كتابة

كتابة

ب

(٥) ـ تتألف ذاكرة الكومبيوتر من قلوب من خام الحديد موصولة باسلاك « العنوان » و « القراءة » . يمكن التسجيل على كل قلب بجعل تيارات متزامنة تمر على طول اسلاك افقية وعمودية تتقاطع فيه (أ) . فيتمغنط القلب في اتجاه واحد يشير الى « ١ » . بتغيير اتجاه التيار تنعكس القطبية فيشار الى « ٠ » . السلك الثالث هو سلك القراءة . في الواقع تحتوي خلية واحدة (ب) ، في هذا النوع من الذاكرة ، على قلبين (كما يبدو ذلك في المنطقة القاتمة) لا يختلفان الا كما تختلف صور المرآة . قد تحتوي المجموعة النموذجية من القلوب على ١٠٠٠٠ قلب جميعها متشابهة كليا ومنظمة .

يستعمل الا هذين الرقمين ، فهو يحتوي على ارقام تربو بكثير على ارقام النظام العشري . هذا ما يجعل العمليات الحسابية في النظام الثنائي في غاية الصعوبة على الكائن البشري ، بينما « يكتب » الكومبيوتر الأرقام ويجري الحسابات بسرعة دون الاكتراث لطول هذه الأرقام .

يجعل النظام الثنائي ايضا تصميم الذاكرة سهلا للغاية . لأكثر الكومبيوترات الحديثة ذاكرة بقلب مغنطيسي (٥) . كل قلب هو حلقة صغيرة جدا من خام الحديد القابل للتمغنط يبلغ قطرها حوالى ١ ملم وتتمغنط بمرور تيار كهربائي في اسلاك موجودة في داخلها . تتوقف قطبية المغنطيس على اتجاه التيار ، ويمثل احد الاتجاهين الصفر والاتجاه الاخر الواحد . تحتوي ذاكرة الكومبيوتر على الآلاف من هذه الحلقات التي تستطيع تخزين مجموعات من الارقام الفردية وتذكرها عند الحاجة بشرط ان يكون لهذه المجموعات « عنوان معيّن » .

تستعمل الذاكرة بقلب مغنطيسي على نطاق واسع ، لانها في غاية السرعة والامانة ، لكنها ليست الوحيدة من نوعها : فالذاكرة الجافة اسرع منها . زد على ذلك انه غالبا ما تضاف الى ذاكرة الكومبيوتر الخاصة ذاكرة مساعدة ابطأ منها اكثر ما تستعمل فيها انظمة من الشريط المغنطيسي .

جهاز المعالجة

بما ان الكومبيوتر لا يستطيع قراءة اكثر من رقم واحد في آن واحد ، جعلت عملياته تصدر عن « ساعة » الكترونية تحدث سلسلة لا نهاية لها من النبضات المتشابهة كليا تبلغ الملايين في الثانية . في احد انواع الكومبيوتر ، تنطلق هذه النبضات او تتوقف ، الواحدة تلو الاخرى ، للدلالة على الاعداد المتعاقبة التي يتركب منها عدد ثنائي . على هذا ، يقرأ العدد الثنائي ١٠٠١١٠ (الذي يعبّر عنه في النظام العشري بـ ٣٨) هكذا : « لا نبضة ، نبضة ، نبضة ، لا نبضة ، لا نبضة ، نبضة » ، على ان يقرأ رقم الآحاد اولا كما في جميع العمليات الحسابية . بناء على ذلك يشكل كل عدد في دائرة الكومبيوتر مجموعة من النبضات ، ولتلافي اللبس لا بد ان يكون لكل سلسلة المجموع ذاته . فاذا كانت السلسلة الكاملة ، في هذه الحالة ، مؤلفة من ١٦ نبضة ، يضاف الى العدد المؤلف من ٦ ارقام ١٠ « لا نبضة » اضافية . عندما يحدّد العدد ، يخزّن على الفور في قلوب الذاكرة حيث يبقى الى ان يخزّن العدد التالي (او سلسلة الاعداد) ويصبح جاهزا للاستعمال (٢).

بعد ادخال هذه الارقام (التي يتحكم بها البرنامج آليا) ، يستطيع الكومبيوتر ان يتلاعب بها وفاقا للبرنامج الذي يكون قد خزن في ذاكرته . واذا ما اريد جمع عددين موجودين في الذاكرة ، يشغّل رقم رمزي في برنامج الحساب (مخزّن مسبّقا في موضع آخر من الذاكرة) دوائر الكومبيوتر بحيث يدخل العددان الموجودان في الذاكرة الى دائرة الجمع معا نبضة نبضة ، فتجمع هذه الدائرة النبضات الواردة ثم تحدث سلسلة من النبضات تحدد العدد المجموع .

تتوقف فعالية جميع الكومبيوترات ، بالرغم من مرونة عملياتها وتطبيقاتها ، على قدرة المبرمج على تحويل المسائل الى ابسط اشكالها .

تاريخ وسائل النقل

قد يصح القول ان وسائل النقل تشكّل اقدم التقنات البشرية قبل بناء المساكن وقبل الزراعة . وليس من داع للشك في ان رجال ما قبل التاريخ ونساءه كانوا ينقلون الاحمال في ايديهم وعلى رؤوسهم وعلى ظهورهم . ومن المسلم به اجمالا ان صنع المحفّات والمزالج للنقل قد يعود الى حوالى ١٠٠٠٠ سنة خلت .

النقل على الماء وبالسكك الحديدية

قد تكون اقدم المصنوعات الانسانية التي يمكن اعتبارها وسائل نقل زوارق بدائية يعود عهدها الى ما قبل التاريخ . توصل

١



٢

٥



(١) - لعل جذوع الاشجار كانت اولى وسائل النقل التي استخدمها الانسان . فمنذ اكثر من ٢٠٠٠٠ سنة كانت الاخشاب والمواد الاخرى تستعمل لصنع الاطواف والزوارق التي انبثقت عنها في ما بعد الكياكات والكنوات والقراقل .

(٢) - تعود السفن المصرية الى حوالى ٢٥٠٠ سنة ق . م . كان بدنها العريض الملعقيّ الشكل مصنوعا من خشب الأقاقيا ، وهي شجرة لا تعطي الا اخشابا قصيرة غير منتظمة . كانت السفينة توجه بمجذافين على كل من جانبي مؤخرتها .

(٣) - من الممكن ان تكون العربة البدائية اولى المركبات . كان يستعملها هنود سهول امريكا الشمالية . وكانت تتألف من ساريتين مشدودتين الى انسان او كلب او فرس وتجران على الارض .

(٤) - هذه المركبة مرسومة على اضرحة طيبة (١٥٠٠ سنة ق . م .) . كان المصريون يستعملون العديد من العربات المجهزة بعجلات لها قضبان شعاعية والتي تجرها الخيول .

(٥) - نقل اول منطاد منفوخ بالهيدروجين جاك شارل و ن . م . روبير في شهر ديسمبر عام ١٧٨٣ من باريس الى حقل يبعد عنها مسافة ٤٠ كلم في اقل من ساعتين . كان هذا المنطاد يشبه المناطيد الحالية مع « زورق » تحته .

(٦) - بلغت سفينة هنري جيفار الهوائية سرعة ٨ كلم / س بفضل داسرها المدار بالبخار . في عام ١٨٥٢ قام جيفار بأول طيران مجهز بمحرك من باريس الى تراب . لكن التقدم في مشروعه توقف لافتقاره الى محركات جيدة .

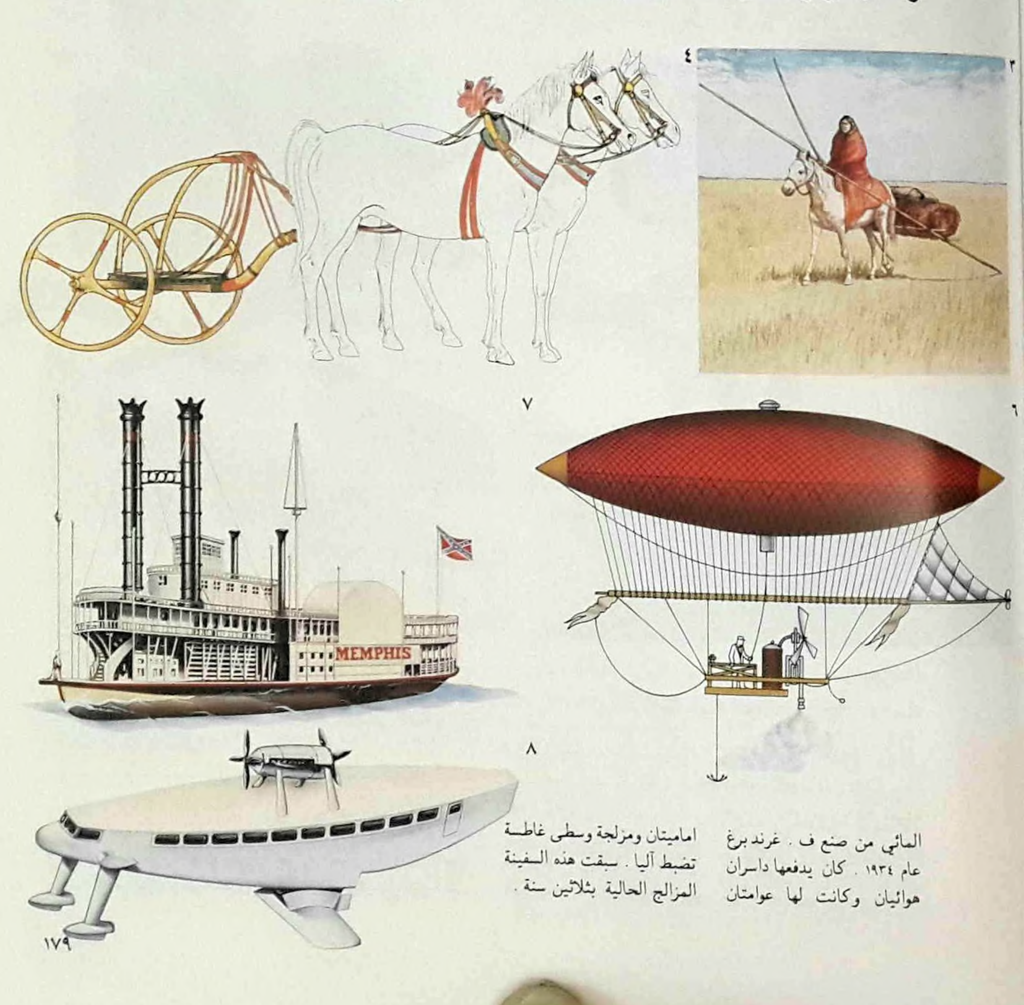
(٧) - تمثل هذه السفينة النهرية مئات السفن التي كانت تعمل في الولايات الجنوبية من الولايات المتحدة في القرن التاسع عشر . كانت تسير بمقاذيف وغالبا ما كانت لها عجلة خلفية . كان مسحوبها المائي قليلا ، ومع ذلك كانت تستطيع نقل حمولات ثقيلة .

(٨) - ابحرت سفينة الانسياب

الانسان بعد ذلك الى صنع زوارق من جنوع الاشجار قبل حوالى ٢٠٠٠٠ سنة . وفي الوقت ذاته ، لا بد ان يكون انسان الحضارات الاولى ، في كثير من انحاء العالم ، قد وجد طريقة لبناء اطواف من المواد المحلية .

لا تزال الاطواف ، في ايامنا هذه ، تصنع بالطريقة ذاتها تقريبا . فلا تزال تستعمل لبنائها حزم القصب وقطع من جنوع الاشجار واعشاب ومواد اخرى تضاف اليها احيانا ، لزيادة الطفو ، قرب من الجلد او اكياس تملأ باعشاب البحر . انطلاقا من الطوف احرزت شعوب كثيرة تقدما في صنع سفن بأبدان تغطيها جلود او لحاء الاشجار (وكان لحاء الاوكالبتوس الغطاء المفضل في انحاء استراليا) .

قبل حوالى ٥٠٠٠ سنة ، كانت الاقنية تحفر في بادىء الامر للربط بين الانهر القريبة ، ثم في ما بعد لنقل الاشخاص وحاجاتهم الى



المائي من صنع ف . غرند برغ عام ١٩٣٤ . كان يدفعها داسران هوائيان وكانت لها عوامتان اماميتان ومزلجة وسطى غاطسة تضبط آليا . سبقت هذه السفينة المزالج الحالية بثلاثين سنة .

مسافات بعيدة . وفي عهد اكثر قربا منا بكثير ، حفرت شبكة من الاقنية في بريطانيا ، وفي كثير من بلدان اوروبا الغربية ، وكانت ذات اهمية حيوية نظرا لرداءة الطرق البرية . وبين عامي ١٧٧٠ و ١٨٤٠ ، اصبحت الاقنية في هذه المناطق لا تجارى كوسائل نقل بطيئة لكنها زهيدة الكلفة بالنسبة لحجم السلع المصنوعة المتزايد باستمرار .

من اولى حسنات الاقنية قدرتها على نقل حمولات ثقيلة جدا باقل ما يمكن من استهلاك الطاقة . لم تكن اية وسيلة نقل ارضية ، بالمقارنة مع الاطواف ، تستطيع قبل عهد السكك الحديدية ، نقل حمولات بهذه الاحجام .

كانت السكك الحديدية الاولى تستخدم لاغراض تجارية اكثر مما تستخدم للنقل الخاص او لنقل الركاب . منذ العصور



(٩) - كانت هذه الشاحنة الخشبية تسير على خطوط خشبية في احد مناجم المانيا (حوالى عام ١٥١٠) . ولعلها من اقدم النماذج للشاحنات . منذ عام ١٦٧٠ اصبحت للحافلات عجلات حديدية مشفّهة .

(١٠) - سيارة ديملر هذه (١٨٩٧) من صنع شركة ديملر الانجليزية التي تأسست في اول الامر لاستيراد السيارات من مصنع في المانيا . كان لها محرك ثنائي الاسطوانات واربع سرعات الى الامام وسرعة واحدة الى الوراء .

(١١) - كانت طائرة رايت الثالثة نسخة محسنة عن اول طائرة تقوم بطيران ناجح . عرف الاخوان رايت كيف يضبطان طائرة شراعية ثم اضافا اليها محركا بالبنزين .

(١٢) - صنع المخترع الفرنسي بول كورنو اول آلة اثقل من الهواء ، تقلع افقيا في طيران حر . كانت حوامته الاولى مربوطة بحبل بالارض فارتفعت ١,٥ م فوق سطح الارض في ١٣ نوفمبر عام ١٩٠٧ .

(١٣) - تمكن الوسادة الهوائية الطائرة من الاقلاع من اي سطح كان . هذه طائرة بفلو معدلة ، وهي طائرة نقل قصيرة المدى عدلت لاثبات صحة الفكرة .

الوسطى ، كانت تستعمل سكك معدنية للاعمال المحلية كأعمال المناجم (٩) . وفي حوالى عام ١٨٠٠ بدأ استعمالها ينتشر ، وفي عام ١٨٣٠ اتضحت للجميع ضرورة جعل المسافة واحدة بين خطيّ السكك ، وادخل النظام القائم على خطين من الفولاذ الاملس وعلى عجلات بحواف ناتئة في اطرافها الداخلية .

كانت السكة الحديدية تستطيع كالقناة نقل حمولات ثقيلة باقل ما يمكن من المقاومة للاحتكاك . وكانت المنافسة قوية بين هاتين الوسيلتين من وسائل النقل في عدة مناطق . كانت الافضلية عادة للسكك الحديدية لسهولة امتداداتها (فكان بالامكان مد فروع لها لتأمين المواصلات بين جميع المدن تقريبا) ، ولانها لم يكن لها مثيل في المناطق الجبلية . في الوقت ذاته تمّ تقدم في تخطيط الطرق وبنائها .

النقل على الطرق

نظريا ، كان للطرق دائما افضلية على السكك الحديدية ، وذلك لانها كانت اكثر مرونة ، ولأن بناءها يتطلب اكلافا اقل ، وهنا يعني ان بامكان شبكة الطرق الوطنية تأمين المواصلات الى كل مصنع وكل منزل تقريبا . وهي تصلح لسير كثير من انواع المركبات صعودا ونزولا على المنحدرات الحادة . لكن المقاومة فيها تفوق كثيرا ما هي عليه في السكة الحديدة ، لأن مقاومة المركبات المجهزة بعجلات تزيد مع حجم الحمولة اذ تلتقي الدواليب بسطح ثابت . في السكة الحديدية تكون الحمولة كبيرة ، لكن السطح يكون مصقولا ومنتظما . اما على الطرق ، فتكون الحمولة قليلة ، لكن السطح بقي غير منتظم الى زمن ليس ببعيد . حتى زمن متأخر من القرن التاسع عشر ، كانت الطرق تشوهها الاخاديد والنتوءات والحفر التي لم تكن لتعيق سرعة المركبات فحسب ، بل كثيرا ما كانت تلحق بها اضرارا وغالبا ما تسبب حوادث خطرة .

المركبات الآلية

كانت جميع انواع النقل البدائي تعتمد على قوى طبيعية كالريح والانهار والقوة العضلية . لكن في السنوات الاولى من القرن التاسع عشر ، بدأ تطبيق القوة الميكانيكية لتسيير المركبات . اول ما استعمل منها المحركات البخارية لتسيير قاطرات السكك الحديدية والسفن . بعد ذلك زادت اهمية مركبات الطرق المدفوعة آليا بفضل اختراع المحركات ذات الاحتراق الداخلي بعد عام ١٨٨٥ ، فتزايد عدد السيارات بصورة مذهلة كما تزايد عدد الدراجات التي تسير بقوة العضلات ، وكان التجديد الاساسي في كل منهما اختراع الاطار الهوائي .

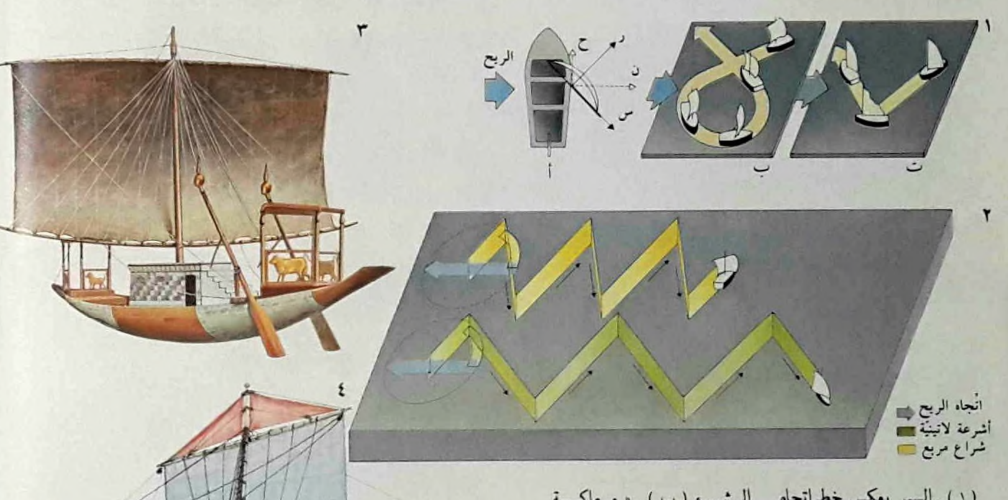
لكن احدث اشكال النقل كان النقل بالطائرة (١١) ، وما فتىء ان حل محل السفن لاسفار الركاب البعيدة ، بينما اقتضت ضرورات التوفير تكبير احجام ناقلات البترول وناقلات البضائع بالجملة وغيرها من سفن الشحن لنقل الكميات الكبيرة من البضائع . كذلك خفّ الضغط على خطوط الملاحة البحرية لتقصير وقت السفر ، لأن سفن الانسياب المائي (٨) والحوامات التي تسير على وسادة هوائية اصبحت تسير بسرعة تفوق سرعة السفن العادية باربعة اضعاف .

المراكب الشراعيّة

لا يعلم احد متى وأين اخترع الانسان الشراع ، ومن المرجح ان تكون محاولته تلك اول محاولة لتسخير القوة الطبيعية واستخدامها . أول دليل على الملاحة الشراعية يأتينا من مصر ، وهو يعود الى الألف الثالث ق . م . كان للسفن المصرية القديمة (٣) شراع واحد مربع منشور بين ساريتين من الخشب ، عارضة في اعلاه ورافدة في أسفله . لم تكن الملاحة في البدء ممكنة الا باتجاه الريح .

الملاحة بعكس اتجاه الريح

مضى بعض الوقت قبل ان يتحقق



(١) ـ السير بعكس خط اتجاه الريح ممكن ، لأن عمل الريح على الشراع يخلق قوة رافعة ـ ر ـ وقوة ساحبة ـ س ـ ، وهاتان القوتان تعادلان قوة دافعة او حافزة ـ ح ـ وقوة انسياق جانبي ـ ن ـ (أ) . « مماشاة الريح » ، اي تغيير اتجاه السير بقصد السير مع الريح ، هي طريقة غالبا ما تستعملها السفن المجهزة باشرعة مربعة كالقراقير والفليونات عندما تكون سائرة بعكس خط اتجاه الريح ، لكن هذه الطريقة تخفف من السرعة بعض الشيء (ب) . « معاكسة الريح » أي تغيير الاتجاه بقصد مجابهة الريح او اختراقه ، هي مناورة تستطيع الاشرعة الطولانية القيام بها بسهولة اكثر من الاشرعة المربعة ، وهي تخفف من السرعة اقل من طريقة « مماشاة الريح » (ت) .

---

(٢) ـ تستطيع المراكب ذات الاشرعة الطولانية ان تحاذي الريح اكثر مما تحاذيه المراكب ذات الاشرعة المربعة عندما تحاول هذه بطريق متعرج استعمال طريقة « معاكسة الريح » . فبعد ان تكون الاثنتان قد قطعتا العدد ذاته من الأميال ، تكون الأولى قد احرزت على الثانية تقدما ملحوظا .

(٣) ـ زورق مصري (١٣٠٠ ق . م) بشراع مربع ومجنافين لتوجيهه . شكل بدنه مشتق من الزوارق القصبية .

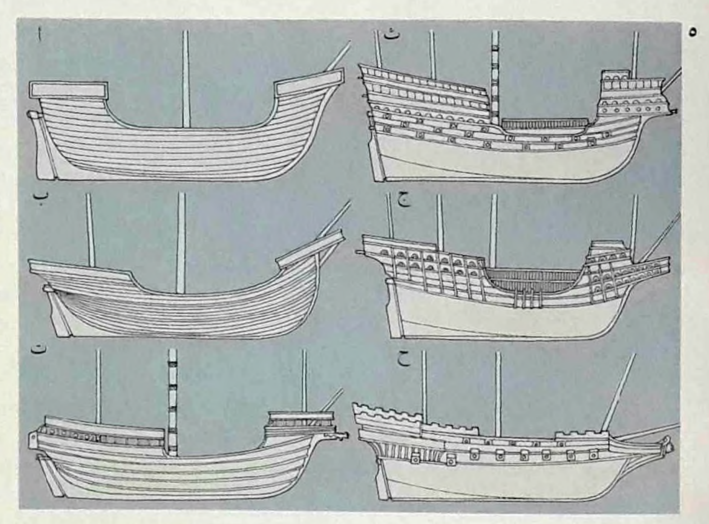
---

(٤) ـ لمراكب نقل الحبوب الرومانية (القرن الثاني

الانسان ان بامكانه صنع اشرعة يسير بها بعكس خط اتجاه الريح - لا بعكسه تماما ، بل بزاوية معه دون ٩٠ درجة - ولم يفهم تطبيق علم الديناميكا الهوائية على الاشرعة فهما علميا الا منذ عهد قريب (١ - أ) . وكانت الخطوة الباكرة الثانية اختراع صالب القص .

لم يكن باستطاعة مراكب القرون الوسطى ذات الشراع المربع السير بعكس خط اتجاه الريح باكثر من ٩٠ درجة ، لا بل ان احدث انواعها لم تكن تستطيع ذلك باكثر من حوالى ٧٠ درجة . حتى ان الشراع الطولاني الممتد من الامام الى الخلف ، وهو الذي يكون طرفه الامامي مثبتا على صار ويدور حوله كما هي الحال في المراكب اللاتينية في البحر المتوسط واليخوت البرمودية الحديثة ذات الاشرعة المثلثة ، لا يمكنه السير باكثر من ٤٥ درجة بعكس خط اتجاه الريح (٢) .

٥



الميلادي) شراع أمامي وصار في المؤخرة وشراع سهمي فوق الشراع الرئيسي .

(٥) - تغير شكل ابدان السفن كثيرا بين عامي ١٤٠٠ و ١٦٠٠ . كانت سفينة ١٤٠٠ (أ) متشابهة الطرفين مستدقة الكوثل ، وكان لها برج في مقدمتها وبرج في مؤخرتها . ظهرت السفن المتعددة الصواري (المستوحاة من المراكب الصينية) مع القرقور (ب) في عام ١٤٥٠ و (ت) في عام ١٤٦٥ . وظهر الكوثل المسطح مع سفن ١٥٢٠ الكبرى (ث) التي كان في بدنها كوى للمدافع . أدت بعض التحسينات الى ظهور الغليون (ج) في عام ١٥٤٥ و (ح) في عام ١٥٨٧ .

٦

(٦) - اشرعة السفينة الثلاثية الصواري والمربعة الأشرعة هي: شراع ألمقدمة السماوي (١) ، الشراع الملكي الأمامي (٢) ، شراع الزير العلوي الامامي (٣) ، الشراع العلوي الأمامي (٤) ، شراع الميزان (٥) ، الشراع السماوي الرئيسي (٦) ، الشراع المكلي الرئيسي (٧) ، شراع الزير العلوي الرئيسي (٨) ، الشراع العلوي الرئيسي (٩) ، الشراع الرئيسي (١٠) ، فراشة المؤخرة (١١) ، شراع المؤخرة الملكي (١٢) ، زير المؤخرة العلوي (١٣) ، شراع المؤخرة الرئيسي (١٤) ، الشراع الزاويّ (١٥) ، الاشرعة الأضافية (١٦) ، شراع السارية الامامية الخارجي (١٧) ، شراع السارية الأمامية الداخلي (١٨) ، الشراع المثبت الأمامي (١٩) ، واشرعة مثبتة (٢٠) .

يبدو ان فكرة الاشرعة الطولانية هذه ، التي شاعت في المحيط الهندي ، قد تطورت عن الاشرعة المصرية المربعة في القرن الثالث الميلادي ، مما ادى الى الشراع الطولاني في الذهو العربي والى الشراع الصيني الرباعي الاضلاع . غير ان الاشرعة المربعة ظلت تستعمل حتى زوال السفن الشراعية التجارية ، لانها اكثر فعالية من الاشرعة الطولانية في الاسفار البعيدة اذا كانت الريح مؤاتية .

حسّن الرومان تجهيزات الاشرعة المصرية باضافة الشراع الخلفي والشراع المثلث في اعلى الصاري (٤) ، لكن التوجيه بقي يتم ، على غرار مراكب المصريين السابقة ومراكب الفايكنج اللاحقة ، بواسطة مجذاف مربوط قرب الكوثل . ومع ذلك فقد عرف الصينيون الدفة المحورية والبوصلة منذ القرن الأول الميلادي . لم يصل هذان الاختراعان اوروبا الا

(٧) ـ كان المركب الانجليزي المدعو غولدن هند غليونا متوسط الحجم في العهد الاليزابيتي . بلغ طول سطحه حوالى ٢٨ مترا ، وكانت اشرعته تتألف من الشراع المربع على الصاري الأمامي المائل ومن شراعين مربعين على صاري المقدمة وشراعين على الصاري الرئيسي وشراع لاتيني على صاري المؤخرة . كان البدن يتميز بغاطس نحيف ، ومقدمة بارزة (مشتقة من مدك الغليون) ، وبرج امامي يشكل جزءا مكملا للبدن ، وكوثل برافدة مستعرضة وشرفة . كانت القيادة تتم بواسطة سكان (لم تظهر العجلة الا في القرن الثامن عشر) ، وكان له سطحان على مدى طوله . كانت السفن من هذا النوع تستعمل للحرب وللتجارة على السواء .

٨

٩

(٨) ـ كانت السفن الهولندية للتجارة مع الهند (١٧٢٠) اضخم من غولدن هند ، لكنها تشبهها في شكلها . ظهر فيها شراعان جديدان ، الشراع المنشور على عود القلع وشراع صاري المؤخرة . كان يمكن استعمال هذه السفن المدججة بالسلاح والمتينة جدا كسفن حربية .

(٩) ـ كان كليبر منتصف القرن التاسع عشر سفينة شراعية

١١

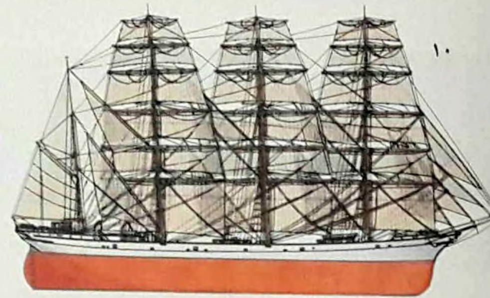
٧

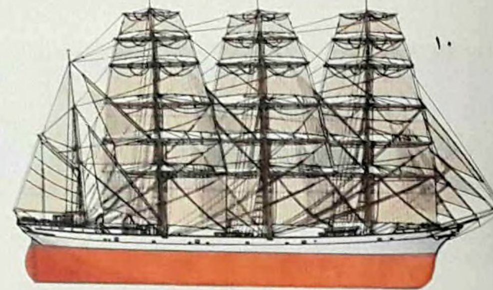
في اواخر القرن الحادي عشر ، وكان تأثيرهما كبيرا في تطور الملاحة الاوروبية .

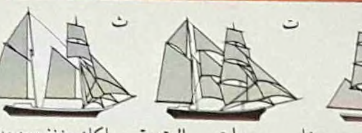
تطور المراكب والاشرعة

انطلقت المراكب المتعددة الصواري من الصين ، وانتقلت الفكرة الى الغرب في ايام ماركو بولو في القرن الثالث عشر .

كان القرقور العميق الواسع (٥) احد هذه السفن التجارية ، وكانت الكرافيل









فعالة بوجه خاص . جعلت سرعتها الفائقة التجارة بين استراليا والصين والولايات المتحدة وانجلترا قليلة الاكلاف .

(١٠) - كانت الزوارق الرباعية الصواري ذات البدن الفولاذي في القرن التاسع عشر مصنوعة من الفولاذ . وكانت تنقل بين انحاء العالم منتوجات مصنعة وحبوبا ونيترات . لم تكن لصواريها الخلفية عوارض .

(١١) - كان للمركب المدعو البركنتين (في القرنين التاسع عشر والعشرين) ثلاثة صوار ، ولم يكن له شراع مربع الا على صاري المقدمة ، مما كان يخفف من عدد البحارة والاكلاف (أ) . كان للقلمية (من القرن الثامن عشر الى القرن العشرين) ، وهي سفينة ساحلية شائعة ، صاريان لكل منهما اشرعة مربعة واشرعة دعم طولانية على الصاري الرئيسي (ب) . كان للشراعية (من القرن الثامن عشر الى القرن العشرين) صاريان باشرعة مربعة على صاري المقدمة واشرعة رئيسية واشرعة دعم على الصاري الرئيسي (ت) . الـكونة بشراع اعلى (من القرن الثامن عشر الى القرن العشرين) سفينة باشرعة طولانية وشراع أو اكثر على صاري المقدمـــة (ث) .

قد ظهرت في ذلك الحين ايضا .

كان الغليون (٧) ، الذي يرجع عهده الى منتصف القرن السادس عشر ، وسيطا بين القرقور الثقيل وقادس البندقية النحيل .

كان الانتقال من القرقور الى الغليون الخطوة الاخيرة الكبرى في التطور التقني للمراكب الشراعية . وكان الفرق بين غليون القرن السادس عشر وسفن القرن التاسع عشر قائما على التفاصيل ، على الرغم من تفوق سرعة هذه الاخيرة . فقد تضمن التطور التدريجي منذ الغليونات الأولى زيادة في الحجم وفي عدد الاشرعة وظهور الاشرعة الطولانية المثبتة بين الصواري واشرعة السارية الأمامية . ومنذ منتصف القرن الثامن عشر تشعبت المراكب الشراعية في الغرب من صاريين الى ستة صوار او سبعة .

نهاية السفن الشراعية

كانت الكليبر (٩) اسرع السفن الشراعية الكبرى واجملها شكلا واقصرها عمرا . ظهرت في الولايات المتحدة عام ١٨٢٠ . بنيت الكليبر في بادىء الامر للسرعة . كانت رشيقة وخفيفة ، وكانت حمولتها محدودة ومساحة اشرعتها هائلة . لكن عوامل مختلفة ، منها السفن البخارية ، وفتح قناة السويس ، وبناء السكك الحديدية عابرة القارات ، ادت الى هجر الكليبرات ، فحلت محلها مراكب شراعية ابدانها من الفولاذ واصبحت فيها الحمولة والوفر في اليد العاملة اكثر اهمية من السرعة . وعلى الرغم من ان حمولة هذه السفن بالاطنان (٥٨٠٠ طن) كانت تفوق حمولة الكليبرات دون زيادة في عدد طاقمها ، فانها بدورها توارت امام منافسة السفن التجارية .

البواخر الحديثة

تطورت البواخر كثيرا منذ ان عبر « الجريت بريتن » (١) ـ المحيط الاطلسي عام ١٨٤٣ ، وهو أول باخرة ذات بدن حديدي تسيّرها مروحة مروحية . ففي أواخر القرن التاسع عشر حل الفولاذ محل الحديد كمادة معيارية لبناء السفن واصبحت القوة الشراعية قليلة الفائدة . استمرت الحاجة في بادىء الامر الى الاشرعة لمساعدة المحركات البخارية الأولى البدائية . لكن المحركات البخارية المتطورة ما لبثت ان حلت محلها .

انواع البواخر

منذ ظهور المحركات البخارية ، اصبحت



(١) ـ لم تعتبر أول سفينة حديدية بخارية « الجريت بريتن » التي ظهرت عام ١٨٤٣ نجاحا تجاريا أكيدا . لكنها اثبتت ان البواخر الحديدية تستطيع نقل حمولات اثقل من حمولات البواخر الخشبية .

(٢) ـ نسفت غواصة المانية الباخرة لوزيتانيا عام ١٩١٥ ، وبلغ عدد الضحايا ١١٩٨ ضحية .

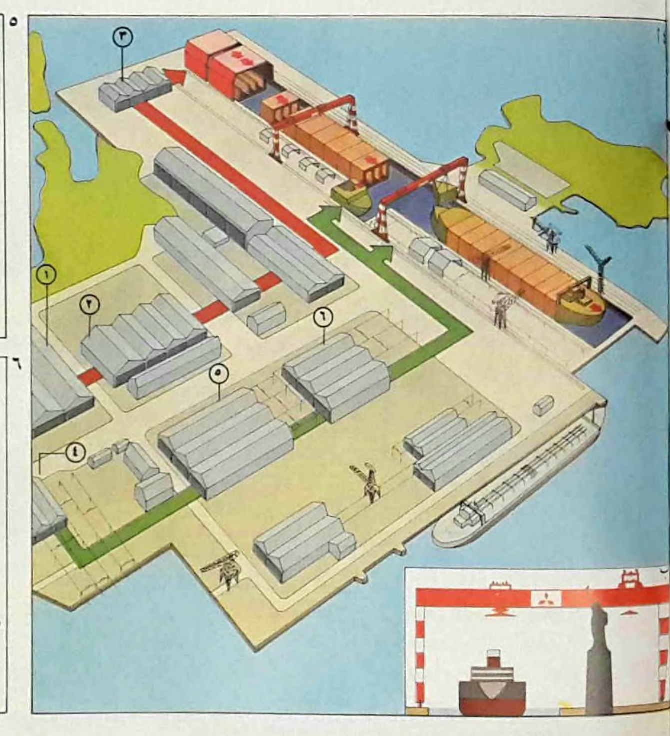
(٣) ـ لا تزال السفن الكبيرة تنزل الى الماء وكوثلها الى الامام وفقا للتقليد المعهود (أ) . تطلق اداة انزال كهربائية (ب) الباخرة ، فتتحرك تحت تأثير ثقلها . وعندما تصبح الباخرة في الماء تدفع الى جانب بواسطة سلاسل سحب (ت) . في الأنهار الضيقة يتم الانزال جانبيا (ث) ، مع ان ذلك يحدث تموجا قويا . لترسانات بناء السفن الحديثة غالبا احواض جافة تحت مستوى سطح البحر تملأ بالماء عندما يتم بناء السفينة وتصبح جاهزة للانزال فيها .

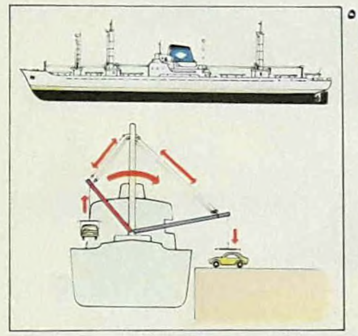
(٤) ـ يتم صنع ناقلات النفط العملاقة بنظام التجمّع في احواض جافة لبناء السفن كأحواض ميتسوبيشي الضخمة في كوياجي باليابان (أ) . تعالج صفيحة الفولاذ ، ثم تقطع بالحجم المناسب (١) الى قطع صغيرة تجمع معا (٢) ، ثم تطلى بالدهان (٣) ، وتنقل الى حوض السفن حيث تجمع قطعا قد يصل وزنها الى ٦٠٠ طن . تستعمل مرافيع قنطرية قوية (ب) لنقل كل قطعة من هذه القطع الى حوض جاف حيث تلحم معا . تصنع الصفائح الفولاذية للجؤجؤ والكوثل في نظام تجمّع آخر . تغادر صفائح هذه القطع مشغل المعالجة (٤) الى مشغل فرعي يعمل بنظام التجمّع (٥) ، ثم الى مشغل تجمع آخر كبير (٦) . واخيرا تركب في حوض جانبي لتضاف الى الباخرة فيما تكون هذه منزلقة الى طرف الحوض الرئيسي نحو البحر . اما العمل النهائي ، فيتم في البحر . تبنى في احواض كحوض كوياجي ناقلات ضخمة تبلغ حمولتها ٥٠٠٠٠٠ طن لتلبية الطلبات العالمية من النفط . في اليابان

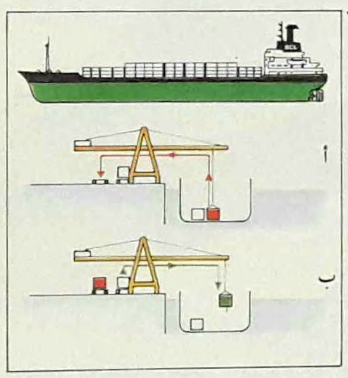
السفن التجارية على ثلاثة انواع : بواخر نقل الركاب ، وبواخر الشحن ، وبواخر الخدمة . اضخم بواخر نقل الركاب هي عابرات المحيطات .

كانت بواخر الركاب في ما مضى اضخم وسائل النقل البحري ، لكن تفوقت عليها في الخمسينات ناقلات البترول (١١) ، فمع تزايد الاستهلاك العالمي للمنتوجات البترولية ، تزايدت الحاجة الى ناقلات النفط ، فازداد حجم البواخر من حوالى ٥٠٠٠٠ طن من الحمل الساكن في عام ١٩٥٥ الى ٥٠٠٠٠٠ طن في عام ١٩٧٦ (الحمل الساكن هو سعة حمولة الباخرة بما فيها المشحونات وثقل الموازنة والوقود والماء والطاقم والركاب) .

تظل سفن الشحن العنصر الاساسي في التجارة العالمية ، وهنا ايضا ازداد الحجم بشكل ملحوظ . فمن اجل تخفيض اسعار النقل ، جعلت حمولة ناقلات المواد كمعدن







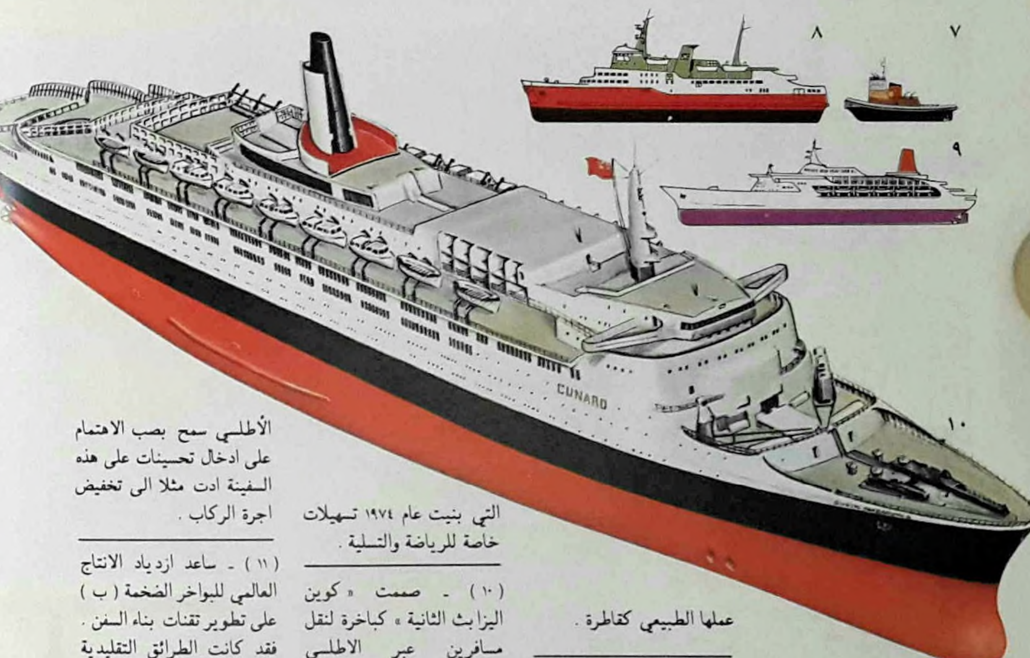
صناعة لبناء اضخم ناقلات النفط .

(٥) ـ « تنكاد يفي » باخرة شحن تقليدية . تستطيع تحميل الحمولة وتفريغها بواسطة مرافعها الخاصة غير آلات تنكاد يفي وماكيناتها موضوعة في وسطها . بينما يفضل اليوم وضع منشآت الجسر العلوية وجهاز الدفع في مؤخرة الباخرة او قريبا من المؤخرة .

(٦) ـ تحتاج حاملة الحاويات . مثل « انكاونتر باي » ، الى آلات رفع خاصة لمعالجة حاوياتها البالغ عددها ١٥٠٠ والتي يحوي كل منها ٣٦ م٣ . يمكن التحميل (أ) والتفريغ (ب) في آن واحد . لهذه الحاملة جزء مرتفع طليق وظهر فارغ لتجميع الحاويات عليهما .

الحديد او القمح او الفحم الحجري تزيد على ١٠٠٫٠٠٠ طن من الحمل الساكن . كذلك جهزت بعض هذه البواخر لتتمكن من تفريغ حمولتها بذاتها .

لا شك ان أهم تقدم حصل هو ما جاءت به البواخر حاملات الحاويات (٦) . الحاوية هي صندوق كبير محكم الصنع وصامد للريح والمطر تحشد فيه وباعداد كبيرة بضائع محزومة مسبقا وتنقله الى الباخرة رافعات خاصة مركزة على الرصيف . أهم فوائد هذه الطريقة هي قصر مدة بقاء البضائع في المرافىء ، وسهولة نقل الحاويات على شبكات متكاملة من الطرق او السكك الحديدية ، وزوال الضرورة لشحن وتفريغ قطع متعددة من البضاعة افراديا ، مع زوال اخطار السرقة أو العطب . اما السيئات ، فهي ان البواخر حاملات الحاويات لا تستطيع السير الا على خطوط معينة خاصة بها ولا



(٧) - زيد حجم القاطرات وقوتها لتمكينها من سحب البواخر الكبرى . فكانت « الستاكجرت » التي بنيت عام ١٩٥٩ قاطرة اوقيانسية مجهزة بمحرك ديزل ومجهزة لانقاذ السفن المصابة بعطل ولمحاربة الحرائق بالاضافة الى عملها الطبيعي كقاطرة .

(٨) - « فري انتربرايز الرابع » معدّية نموذجية حديثة لنقل الركاب ، وهي قادرة ايضا على نقل المركبات بين انجلترا وفرنسا .

(٩) - في سفن رحلات المتعة مثل « سبيريت اوف لندن » التي بنيت عام ١٩٧٤ تسهيلات خاصة للرياضة والتسلية .

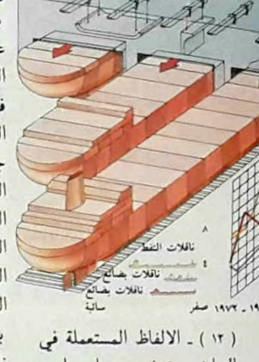
(١٠) - صممت « كوين اليزابث الثانية » كباخرة لنقل مسافرين عبر الاطلسي وللنزهات خلال اشهر الشتاء الخفيفة الارباح ، وكان نجاحها كاملا . كانت هذه الباخرة اصغر بكثير من السفينتين اللتين صنعتهما قبلها شركة كونار . لكن توقف التنافس بين سفن الركاب على ضرب الارقام القياسية في السرعة عبر الأطلسي سمح بصب الاهتمام على ادخال تحسينات على هذه السفينة ادت مثلا الى تخفيض اجرة الركاب .

(١١) - ساعد ازدياد الانتاج العالمي للبواخر الضخمة (ب) على تطوير تقنات بناء السفن . فقد كانت الطرائق التقليدية بتجميع أجزاء السفينة حول رافدة القصّ تؤدي الى تأخير في العمل بسبب رداءة الطقس . أما اليوم ، فيمكن بناء السفن قطعا قطعا في مكان مسقوف ثم تجمع هذه القطع في رصيف انزال منحدر (أ) .

التفريغ الا في مرافىء لها تجهيزات معينة .

سفن أصغر حجما

اصبح قليلا عدد بواخر الشحن العام التي تنتقل من مرفأ الى آخر باحثة عن حمولة . لكن تبقى السفن الساحلية وناقلات النفط الساحلية الصغيرة التي تؤمن النقل من مرفأ الى مرفأ ضرورية لتوزيع البضائع أو لتجميعها في الموانىء الكبرى وفي اطراف خطوط



(١٢) ـ الالفاظ المستعملة في البواخر تتضمن ما يلي ، الجؤجؤ ، وهو الجزء الأمامي من السفينة ، الوسط ، وهو قرب منتصف الطول ، الكوثل ، وهو مؤخر السفينة ، العرض ، وهو المسافة بين جانبي السفينة ، العرض الاعظم ، وهو اكبر عرض في السفينة ، حط العوم ، وهو خط مدهون على البدن بين خط الحمولة وخط الماء عندما تكون السفينة فارغة ، المقذاف الأمامي ، وهو المقذاف في أول المقدمة باتجاه الجؤجؤ ، ارتفاع الظهر ، وهو جزء السفينة الظاهر من الماء ، الجانب سفالة الريح ، وهو الجانب المحمي من الريح ، الجانب الايسر ، وهو الجهة اليسرى عند النظر الى المقدمة ، الربع ، وهو الاتجاه بين الكوثل والعرض الاعظم ، زاوية الميل ، وهي ميل المدخنة او الصواري أو الجؤجؤ ، الانحراف ، وهو الانحناء الطولاني للبدن باتجاه الكوثل او الجؤجؤ ، الجانب الأيمن ، وهو الجهة اليمنى عند النظر الى المقدمة ، الجانب الاعلى ، وهو السطح الخارجي.

الكوثل
الجؤجؤ
الجانب الأعلى
الجزء الظاهر فوق الماء
الطول بين خطين عموديين
الطول الكلي
الجانب الأيسر الخلفي
الجانب الأيسر
الجانب الأيسر الأمامي
المؤخرة
المقدمة
الجانب الأيمن الأمامي
الجانب الأيمن
الجانب الأيمن الخلفي

حاملات الحاويات . كذلك تستخدم السفن الدوارة لنقل مقطورات الشاحنات والشاحنات الصغيرة من مكان الى آخر .

لا تتم الملاحة بدون مجموعة كبيرة من سفن الخدمة . من بين هذه السفن في الدرجة الاولى المراكب القاطرة (٧) التي وجدت اصلا لتأمين حركة البواخر الكبرى في المياه المحصورة ، لكنها تستعمل ايضا لانقاذ السفن التي تصيبها اضرار في عرض البحر ولمكافحة الحرائق . كذلك تجر مراكب قاطرة خاصة الصنادل على الانهار والاقنية ، كما ان الكراءات تحفظ الأقنية والموانىء ومصبات الانهار مفتوحة لملاحة السفن الكبرى .

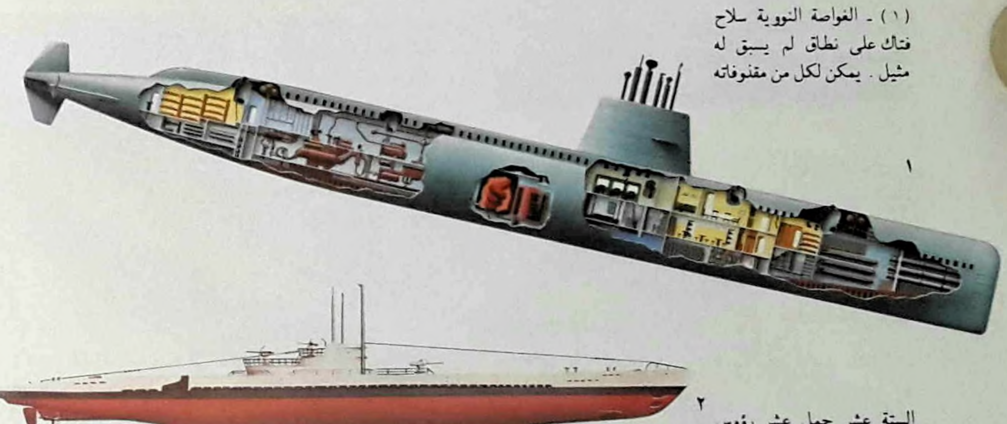
المحركات البخارية

الاجهزة الرئيسية لتسيير السفن هي اما محركات ديزل او محركات بخارية تدير دافعات مروحية . راجت محركات ديزل لبساطتها واقتصاديتها ، وقد حلت تدريجيا محل المحركات البخارية . لكن البواخر الكبرى لا تزال تعتمد على عنفات بخارية لتحقيق سرعات كبيرة ، واصبحت حاملات الحاويات الحديثة وبعض ناقلات البضائع السريعة تستفيد من الخبرة التي اكتسبتها السفن الحربية ذات الدفع البخاري السريع . اما العنفات الغازية ، فقد استعملت حتى الآن بطريقة تجريبية فقط ، ولم يتضح هل ستكون رخيصة أو فعالة .

كذلك ما تزال القوة النووية غير اقتصادية ، وليس من المتوقع ان يزيد عدد البواخر التجارية القليلة المسيَّرة بالقوة النووية قبل ان تصبح منشآت المفاعلات النووية متيسرة .

الغوّاصات وآلات الغطس

يعزى اختراع الغواصة عادة الى الانجليزي وليم بورن . ففي عام ١٥٧٨ وصف سفينة يمكن ادخال الماء اليها وطرده منها لتغيير طفويتها وفيها أنبوب يستعمل بمثابة منشاق لتأمين الهواء . ليس هناك ما يثبت ان سفينة بورن سارت فعلا تحت الماء . لكن يرجح ان اول غواصة حقيقية كانت السفينة ذات المجاذيف والمغلفة بالجلد التي بناها المهندس الهولندي كورنيلتون فان دريبل (١٥٧٢ ـ ١٦٣٤) حوالى عام ١٦٢٠ . وحسب ما جاء على لسان الكيميائي البريطاني روبرت بويل ، سارت هذه السفينة بالملك جيمس الأول (١٥٦٦ ـ ١٦٢٥) تحت نهر التيمس ،



(١) ـ الغواصة النووية سلاح فتاك على نطاق لم يسبق له مثيل . يمكن لكل من مقنوفاته الستة عشر حمل عشر رؤوس نووية مستقلة يستطيع كل واحد منها تدمير مدينة . لا تحتاج هذه الغواصة الى الصعود الى سطح البحر ، وتستطيع اطلاق مقنوفاتها من تحت الماء ، وهكذا تظل منيعة . لكل من الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة اكثر من ١٠٠ غواصة نووية . انها مكيفة بالهواء (لحاجات الاجهزة الالكترونية وحاجات الطاقم) ، وتستطيع قطع مسافة ٦٤٤٠٠٠ كلم دون تجديد وقودها . يحرك المفاعل النووي عنفة بخارية تدير النواسر مباشرة أو بواسطة مولد ومحركات كهربائية .

(٢) ـ اغرقت الغواصات الالمانية ملايين الاطنان من سفن الحلفاء في المراحل الاولى من الحرب العالمية الثانية . كانت تعمل متجمعة وهي مسلحة بانابيب طولانية قاذفة للطربيدات ، وكانت تطارد القوافل نهارا وتهاجمها ليلا . لكن تطوير البوصلة اللاسلكية والرادار عرّض الغواصات لهجوم الطائرات .

(٣) ـ يتم تحديد موقع غواصة تحت الماء من سفينة ، او تحديد موقع السفن السطحية من غواصة ، بالاستماع الى اصداء نبضات صوت فوق سمعي منقولة عبر الماء . اطلقت البحرية الملكية البريطانية على هذا النظام اسم « اسديك » واسمه اليوم « سونار » . يمكن تحديد مواقع الغواصات باستخدام طافيات بسونار تعيد الاشارات الى السفينة الام او بواسطة سونار « غاطس » مدلّى من حوامة .

(٤) ـ للمقنوف بولاريس ، الذي يرى هنا منطلقا من الماء خلال قنف تجريبي ، مرمى مداه ٤٦٣٠ كلم ويحمل ٣ رؤوس نووية . اما المقنوف بوزيدون ، فيحمل منها عشرة . تطلق المقنوفات من انابيبها بواسطة غاز مضغوط . فتشتعل طبقتا محركاتها العاملة بالوقود الجاف على سطح الماء . توجه المقنوفات حاسبة الكترونية . وتنفصل الرؤوس النووية عند عودتها الى الجو .

وكان لها « سائل » لتجديد الهواء في داخلها .

الغواصات في زمن الحرب

كانت « الترتل » (السلحفاة) (٨) ، وهي غواصة يقودها رجل واحد اخترعها الامريكي دافيد بشنل (١٧٤٢ - ١٨٢٤) ، أول سفينة تسير تحت الماء استعملت في الحرب . كانت لها الصفتان الاساسيتان اللتان للغواصة الحديثة ، وهما بدن كتيم للماء ودفع مروحي ، غير ان هذا الدفع كان يتم باليد .

استخدمت البحرية الكونفدرالية الامريكية غواصات خلال الحرب الاهلية الامريكية . كان كل من المراكب الصغيرة المسماة باسم داود - والتي اتخذت اسمها من داود التوراة الذي تغلب على جليات الجبار - مسلحا بشحنة متفجرة مثبتة في طرف عارضة ، وكان يدفع باليد او بالبخار . في عام ١٨٦٤ اصطدم الهنلي ، وهو احد الداودات ، بالسفينة

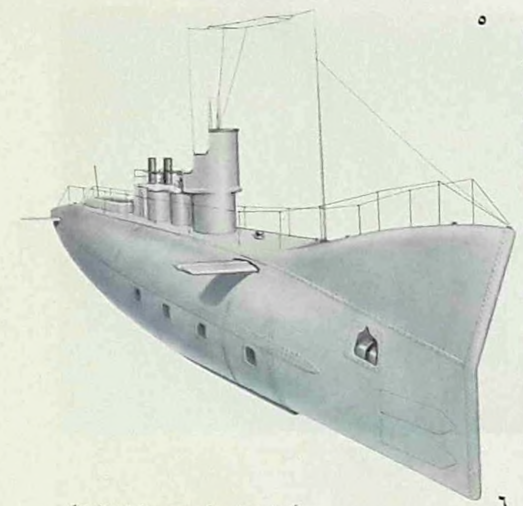




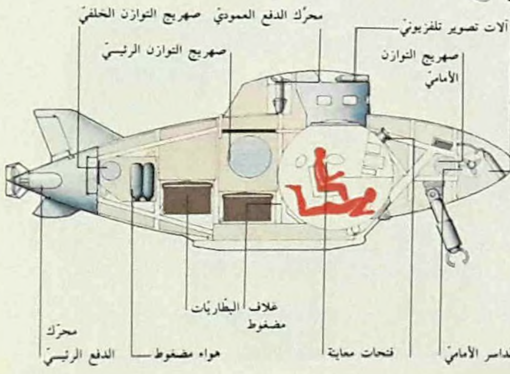
(٥) - كانت اكبر غواصة في الحرب العالمية الاولى غواصة من نوع ك تخص البحرية الملكية البريطانية . كان طولها ١٠٣ م . وكان طاقمها مؤلفا من ٥٥ شخصا . برهنت الحرب عن ان الغواصات ليست ذات فعالية كبيرة ضد السفن الحربية ، ولكنها فعالة في اغراق السفن التجارية وتشويش خطوط التموين . لم يكن لالمانيا خطوط تموين بحرية . لكن الحلفاء فقدوا ٣٢ سفينة مقابل كل غواصة المانية تمكنوا من اغراقها .

(٦) - « ستار ٣ » آلة غطس تستطيع العمل على عمق ٦١٠ م . طولها ٧,٧ م . وتعمل ببطاريات . وتحمل طاقما من شخصين في حجرة ضغط كروية من فولاذ موجودة بالقرب من وسط الآلة . تستخدم للبحث عن طبقات البلانكتون المنتشرة في الاعماق والبالغة الاهمية بالنسبة لدراسة البيئة المحيطية . استعملت آلات الغطس ايضا لتحديد مواقع اسراب الاسماك التي تسبح في العمق وذلك للمساعدة على تحسين الصيد . وهذه الآلات قادرة ايضا على القيام باعمال دقيقة تحت الماء تتعلق بالكبلات والانشاءات البترولية .

٥



٦



الاتحادية هوزاتونيك على مقربة من مرفأ تشارلستون ، فغرقت السفينتان وهلك طاقم الهنلي . في تلك الاثناء ، اخترع الطربيد الذاتي الدفع .

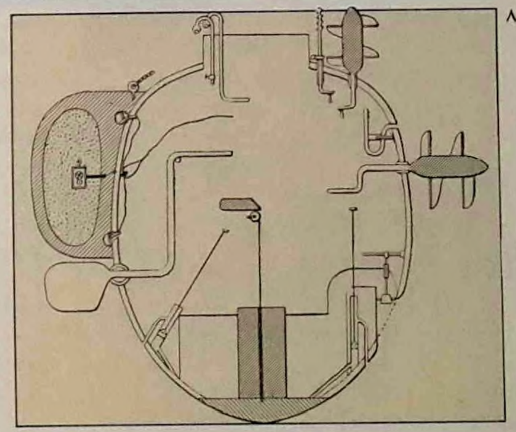
في اواخر القرن ، صمم المخترع الامريكي جون ب . هولند (١٨٤٠ ـ ١٩١٤) غواصات تسيّرها محركات تعمل بالبترول . كانت غواصات هولند اولى الغواصات الحديثة ، وكانت تتصف بالصفات الاساسية ذاتها التي اتصفت بها الغواصات التي قاتلت في الحربين العالميتين الاولى والثانية . كانت الغواصات الالمانية خلال الحرب العالمية الاولى في غاية الفعالية في غارات القرصنة ضد البواخر التجارية العزلاء ، وقد هددت طرق التموين البريطانية . وفي الحرب العالمية الثانية ، اغرقت الغواصات عددا كبيرا من البواخر الحربية (٢) .

ظلت فعالية الغواصات محدودة بسبب

٧



٨



(٧) ـ الآلات الغطس الحديثة أهمية في البحوث المحيطية . يستخدمها العلماء لاستكشاف قيعان المحيطات بحثا عن النفط والمنغنيز والمعادن الأخرى . وتستخدم آلات من هذا النوع لفحص الانشاءات تحت الماء وصيانتها مثل اجهزة الحفر (لاستخراج الغاز الطبيعي والنفط) . تحرك هذه الآلات من داخلها « أيد » ميكانيكية لجمع عيّنات او للقبض على ادوات . ويمكن ايضا تجهيز آلات الغطس هذه باضواء قوية وكميرات تلفزيونية وغير ذلك . على مقربة من سطح الماء قد تستخدم آلات الغطس كقواعد وحتى كمساكن للغواصين يدخلونها من فتحة هوائية . اما الاتصال مع سطح الماء ، فيتم بواسطة كبل هاتف او حزمة سونار (صوت فوق سمعي) يستعمل لنقل رسائل صوتية محولة الى رموز ، وحتى بواسطة صور تلفزيونية بطيئة المسح . تعمل جميع الاجهزة بالكهرباء المخزنة في بطاريات .

(٨) ـ كانت الترتل ، وهي غواصة امريكية ، اول آلة غطس استعملت في الحرب عام ١٧٧٦ . كان طاقمها مؤلفا من شخص واحد يدير باليد جميع اجهزة القيادة من دواسر جانبية وعمودية ومضخات وغيرها . وكانت رزمة المتفجرات (الى اليسار) القابلة للانفصال مصممة لتلتصق بهيكل سفن العدو .

بطئها وقصر مدة بقائها تحت الماء عندما كانت محركاتها الكهربائية تغذّى بالبطاريات . فكانت البطاريات سرعان ما تفرغ ، وكان على الغواصات ان تصعد مرارا الى سطح الماء للحصول على الهواء الضروري لمحركات ديزل واعادة تعبئة بطارياتها (بواسطة دينامو تديره المحركات) . وكانت محركات ديزل تستعمل ايضا للدفع على سطح الماء . لكن خلال الحرب العالمية الثانية ، صنع انبوب يتصل بهواء الجو لتأمين هذا الهواء لمحركات ديزل ، مما مكن الغـواصات من السير تحت الماء وساعدها على النجـاة من خطـر اكتشـاف العدو لها .

كيف تعمل الغواصات

لجزء من بدن الغواصة غلافان . يخفض الماء الذي يدخل في خزانات الصابورة طفوية الغواصة ، وتضبط جنيحات مثبتة على جانبي البدن زاوية الغوص وتؤمّن توازن الغواصة . تستعاد الطفوية بطرد الماء من الصابورة بواسطة الهواء المضغوط . تحتوي البنية الداخلية - برج المراقبة - على مئفاق وهوائيات للّاسلكي وللرادار وانبوب للتنفس . ويتم تعقب سفن العدو بواسطة السونار (تحت الماء) والرادار (على سطح الماء) . وتتم المواصلات بواسطة اللاسلكي . تستطيع الغواصة تلقّي الرسائل تحت الماء ، لكن بث الاشارات يتطلب وجود هوائي يكون جهازه اللاسلكي على الاقل فوق سطح الماء . غير ان البحوث جارية الآن للتمكن من البث المباشر .

الغواصة النووية سفينة حقيقية تحت الماء . فهي لا تحتاج الى هواء لمحركاتها ، وتستطيع القيام برحلات طويلة تحت الماء دون ان تجدد وقودها . كان النوتلوس الامريكي اول الغواصات الحربية المزودة بالطاقة النووية في العالم من اي نوع كانت . انزل في الماء عام ١٩٥٤ ، وقد بدلت امكاناته تبدلا كليا استراتيجية الدول الكبرى . فبدلا من ان تهاجم الغواصات النووية السفن عن سطح الماء ، اخذت تطلق من تحت الماء مقذوفات عابرة للقارات وذات رؤوس نووية . تشكل الغواصات النووية قوة ضاربة منيعة عمليا ، لانه من الصعب تحديد مواقعها بسهولة عندما تكون غائصة . فضلا عن انها معدة للرد على اول ضربة توجه لبلدها فتثني بذلك اية دولة عن القيام بهجوم من هذا النوع .

تستطيع الغواصة ان تحمل ، بالاضافة الى المقذوفات العابرة للقارات (٤) ، طوربيدات توجهها اجهزة صوتيـة أو كبـل يجره الطربيد وراءه . ويمكنها ايضا ان تحمل اسلحة نصفها طربيد ونصفها الآخر مقذوف لاستخدامها ضد السفن البعيدة .

دور آلات الغطس

يمكن استعمال اسم « آلة الغطس » لوصف اية سفينة تعمل تحت الماء . لكن هذا الاسم يدل اليوم عادة على السفن التي لا تستعمل لغايات عسكرية . تستعمل آلات غطس صغيرة مجهزة بمحركات كهربائية (٦) لمراقبة الانشاءات الموجودة تحت الماء وصيانتها وبخاصة ادوات استخراج النفط والغاز وانابيبهما ولفحص الكبلات تحت الماء وطمرها في الوحل وللتنقيب عن المعادن في قاع البحر وللقيام ببحوث محيطية .

تاريخ الدراجات

تعود الدراجات بدوّاسة الى الستينات من القرن الماضي ، ومنذ ذلك الحين اصبحت شائعة في جميع انحاء العالم ، ولا سيما في بريطانيا وفرنسا وايطاليا وهولندا وغيرها من البلدان الاوروبية . وقد نقلت الدول الكبرى ، خلال الحرب العالمية الاولى ، جنودا بالدراجة ، كما نقلتهم مؤخرا قوات الفيتكونغ في فيتنام .

الدراجة الاولى

بدأ تاريخ الدراجة مع ظهور الآلات غير العاملة بالطاقة التي صنعت في فرنسا في اواخر القرن الثامن عشر . ففي عام ١٧٩١ ، صنع الكونت دي سيفراك آلة سماها

(١) - لدراجات السباق الحديثة قاعدة عجلات قصيرة لتسهيل المناورة ، وهي مصنوعة من اشابات خفيفة لتخفيف الوزن . لها ايضا مجموعتان من اجهزة السرعة الانحرافية احداهما (١) في البطيخة الخلفية والثانية (٢) في العجلة المسننة الرئيسية . فتؤمنان لها معا حتى ٢٨ نسبة في تعشيق المسننات . تتغير السرعات بواسطة مقبضين (٣) مركبين على الهيكل . وجعلت الشوكة الامامية (٤) مستقيمة تقريبا لتقصير قاعدة العجلات ، لكنها



سليريفير، وكانت آلة خشبية مؤلفة من عجلتين على خط واحد تصل بينهما عارضة عليها مقعد. كان الراكب يجلس الفرشخى على العارضة ويسيِّر الآلة رافساً الارض بكل من رجليه على التوالي. ثم في عام ١٨١٦، صنع نيسيفور نيبسه (١٧٦٥ - ١٨٣٣) (وهو ايضا مخترع اول تصوير فوتوغرافي)، وبعده بسنة البارون الالماني كارل فون درايز، آلات مشابهة، وما لبثت دراجة درايز ان شاعت في بريطانيا والمانيا حيث عرفت بالآلة الدرايزيّة او «حصان التسلية».

في عام ١٨٣٩، انتج السكتلندي كِركبتريك مكميلان «حصان تسلية» يعمل «بالطاقة». كانت تدفع هذه الدراجة الى الامام والى الوراء دواستان في مقدمتها تسيِّران ذراعي توصيل يديران العجلة الخلفية. ثم اخترع الاخوان الفرنسيان بيار وارنست ميشو حوالى عام ١٨٦١ دواستين



بقيت مقوسة لتعمل كنابض. ويمكن تعديل المقود (٥) والمقعد (٦) حسب الحاجة. يكون المقعد مثبتا بحيث ان المسافة بينه وبين المقود تكاد تكون مثل المسافة بين مرفق الراكب ورؤوس اصابعه. من المفضل ان تكون المسافة بين المقعد والدواسة في اسفل وضعها ٩ ٪ اطول من طول ساق الراكب من جهتها الداخلية. قد يكون لمحول السرعة (أ) في بطيخة العجلة الخلفية ٦ عجلات مسننة باحجام متزايدة مركبة على بطيخة سريعة الفصل (٧). تؤمن العجلات المسننة الصغيرة سرعات كبيرة وتؤمن الكبيرة منها سرعات بطيئة. يمكن نقل سلسلة التدوير (٨) من عجلة مسننة الى اخرى بواسطة اداة متوازية الاضلاع (٩) مشدودة التوتر بنابض. في دراجة حديثة ينتظر من جهاز الذراع والشوكة (ب) ان يحمل جزءا كبيرا من الثقل ويظل قادرا على الدوران لتوجيه الدراجة، وان يكون المقود مركبا في اعلى الذراع في عجلة مسننة زاويّة (١٠)، وان تؤمن مدرجة كريّات (١١) احتكاكا طليقا. لاكثر الدراجات الحديثة مكبحان يتألف كل منهما من فكين (١٢) يحركهما كبل (١٣). عندما يضغط الراكب على الكبل، يقرص الفكان لقمتي المكبح (١٤) على حتارة العجلة. للاطار (١٥) هيكل من قماش القنب مغطى بالمطاط الاصطناعي. كل قضيب شعاعي (١٦) مشدود بوصلة ملولبة الطرفين (١٧).

---

(٢) - صمم الدراجة المدعوة هوبيت لِندلي وبريغز عام ١٨٨٥. كان لها هيكل مرتكز على محور مصمم ليجعل كل من المقود والمقعد والدواستين مستقلا عن الهيكل والعجلتين.

---

(٣) - صمم م. بدرسون دراجة درسلي بدرسون عام ١٨٩٣، وقد صنعت في درسلي بانجلترا. كانت اجزاء الهيكل مصنوعة من انابيب مزدوجة رفيعة موضوعة جنبا الى جنب لتأمين متانتها وتخفيف ثقل الهيكل.

٤

(٤) - ظهرت الدراجة «العادية» لأول مرة في انجلترا في اوائل السبعينات من القرن الماضي، وقد اخترعها جيمس ستارلي. كان الراكب يشغّل دواستين مركبتين في وسط العجلة الامامية الكبيرة.

تديران العجلة الامامية مباشرة . وسميا آلتهما فيلوسيبيد ، ولم تمضِ عليها ٤ سنوات حتى كانا يصنعان منها ٤٠٠ قطعة في السنة .

اما الدراجة العادية او الدراجة « الزهيدة الثمن » التي اخترعها الانجليزي جيمس ستارلي (١٨٣١ - ١٨٨١) عام ١٨٧١ ، فقد كانت تقوم على عجلات كبيرة في مقدمتها تديرها مباشرة دواستان وعلى عجلة صغيرة في مؤخرتها . وسرعان ما اصبحت اكثر انواع الدراجات شيوعا .

الدراجات بسلسلة

في عام ١٨٧٤ ، صنع هـ . ج . لوسون اول دراجة تعمل بسلسلة . كانت الدواستان في هذه الدراجة مركبتين على الاطار وتديران عجلة مسننة كبيرة تدير سلسلة ملتفة حول عجلة مسننة صغيرة في العجلة الخلفية . غير ان الدراجات ما لبثت ان اصبحت تجهز



(٥) - كان لدراجة الامان التي صنعها رالي عام ١٩٠١ هيكل من الفولاذ جمع بطريقة لحام جديدة تلحم فيها انابيب الهيكل مع تجويفات من الفولاذ المضغوط وذلك بغمس المفاصل في النحاس المصهور .

(٦) - لم يكن لدراجة سويفت للسيدات (١٩٢٦) عارضة في هيكلها . وذلك ليسهل على النساء اللابسات تنورة الصعود اليها والنزول عنها . اعتبر وزن الهيكل الخفيف تقدما بالنسبة الى التصاميم السابقة الثقيلة .

(٧) - كانت دراجة فيلوتشينو التي صنعت في ايطاليا في منتصف الثلاثينات محاولة لصنع دراجة متراصة يسهل خزنها ونقلها . وقد ادعى مخترعوها انه من الممكن تفكيكها بسهولة في الحالات الطارئة .

(٨) - كان لدراجة مولتون التي صنعت في انجلترا عام ١٩٦٢ عجلتان صغيرتان وتعليق من المطاط ومركز ثقل منخفض . كان يمكن تكييف الهيكل ليلائم قامة الراكب ، وكان له من القوة ما يمكنه من نقل حمولات ثقيلة .



بعجلتين من حجم واحد تقريبا ، الى ان اخذت دراجة روفر ١٨٨٥ المجهزة بجهاز امان تصنع بالجملة وحلت في غضون سنوات قليلة كليا محل الدراجات « الزهيدة الثمن » .

الدراجة الحديثة

في عام ١٨٨٨ ، جرى حدث هام في تاريخ الدراجات ، هو اختراع جون دنلوب (١٨٤٠ - ١٩٢١) للاطار الهوائي ، عند ذاك اصبح الاطار المعيَّنيّ الشكل نموذجيا ، ولم يحدث اي تغيّر مهم في تصميم الدراجات خلال السنوات السبعين اللاحقة . وفي الستينات من القرن الحالي انتجت بعض المصانع دراجات صغيرة يمكن طيها ووضعها في صندوق سيارة لاستخدامها في المدن . لكن كان قد سبق هذه الدراجات الغريبة تصاميم اغرب منها ، كالدراجة الترادفية وهي دراجة ذات هيكل طويل لراكبين ، والدراجة بثلاث عجلات التي اصبحت مهمة فيما بعد لأن كارل بنز (١٨٤٤ - ١٩٢٩) وغوتليب ديملر (١٨٣٤ - ١٩٠٠) زوّدا دراجة من هذا النوع بمحرك يعمل بالبنزين فاخترعا بذلك أوّل دراجة بمحرك ظهرت الى الوجود ، وكان ذلك في عام ١٨٨٥ .

للدراجات الحديثة واقيات من الوحل ، ومصابيح كهربائية تغذيها بطاريات او دينمو ، ومكبح ذراعي يعمل على حتار العجلتين (١) . وقد تكون مجهزة ايضا بجهاز لتعشيق المسننات متعدد النسب ، وبجهاز امان لوقاية السلسلة ، واداة لنقل السرعة . وتشمل التوابع فيها حاملة اضافية للامتعة بشكل رف مركب في المؤخرة ، وسلة امام ذراعي التوجيه ، وخرجين مركبين على جانبي العجلة الخلفية .

يكون الهيكل عادة مصنوعا من انابيب فولاذية ملحومة بالنحاس او بالفولاذ . في اللحام بالنحاس ، تقطع انابيب باطوال معيّنة وتزج في تجاويف مزوّاة ثم تثبّت في اماكنها بواسطة النحاس المصهور . اما في اللحام بالفولاذ ، فلا تستعمل تجاويف ، بل تجمع الانابيب معا بواسطة الفولاذ المصهور لاعطاء وصلات تكون أقوى من الانابيب ذاتها .

تدور العجلة الخلفية بسرعة تفوق سرعة العجلة المسننة التي تديرها الدواستان . وللعجلة المسننة الكبيرة عادة ٤٨ سنا بينما ليس للعجلة المسننة الخلفية الصغيرة اكثر من ١٨ سنا ، وهذا ما يؤمن نسبة حوالى ٢,٦٦ الى ١ في تعشيق المسننات . بامكان المسننات المتغيرة اعطاء سرعات مختلفة دون تغيير جهد الدواستين . وهناك نوعان رئيسيان لجهاز السرعة : ففي نظام السرعة الانحرافي قد توجد لغاية ٦ مسننات خلفية باحجام مختلفة ولغاية ٣ مسننات على المرافق لتأمين مجموعة متنوعة من نسب تعشيق المسننات . اما نظام السرعة « الدويري » الذي صنعه ستورمي وآرتشر ، فهو اكثر تعقيدا . ففيه لسان صغير مسنن يدعى الترس الشمسي موجود داخل الحتار الخلفي وتديره العجلة المسننة الخلفية ، وتبطن داخل البطيخة حلقة من الاسنان ، وتنتقل الحركة الى هذه الحلقة من الترس الشمسي بواسطة مجموعة من العجلات المسننة الكوكبية الدوران ، مما يمكّن من الحصول على ٣ نسب تعشيق مختلفة . ويمكن الجمع بين نظام السرعة الانحرافي ونظام ستورمي وآرتشر في بطيخة واحدة للحصول على ٨ سرعات .

تاريخ الدرّاجات الناريّة

الدراجة النارية او الدراجة بمحرك اختراع سبق اختراع السيارة . فقد صنع الفرنسيان بيار وارنست ميشو اول دراجة بمحرك بخاري في باريس عام ١٨٦٩ ، وذلك ست عشرة سنة قبل ان يصنع كارل بنز (١٨٤٤ - ١٩٢٩) وغوتليب ديملر (١٨٣٤ - ١٩٠٠) اولى السيارات . ولكن سرعان ما استفاد مصممو الدراجات من مزايا محرك ديملر العامل بالبنزين فاستعملوه فورا في دراجاتهم .

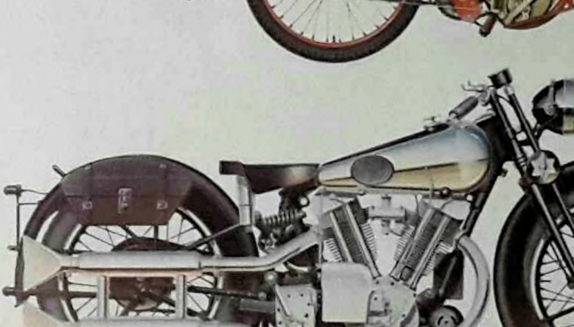
التطويرات الاولى

جاءت ابتكارات تقنية جديدة تحسّن هذه الآلات الأولى . فقد ساعد الاطار الهوائي

١

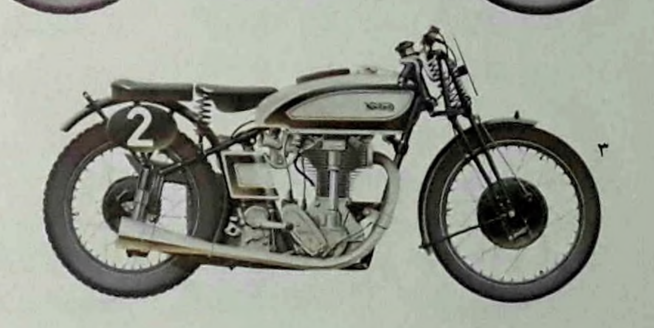
(١) - اكتسبت دراجة انديان (١٩١١) شعبيتها باحتلالها المراتب الثلاث الاولى في سباق جزيرة مان . كان لهذه الآلة الفريدة اسطوانة وحيدة ومقبض على المقود للتحكم بالسرعة .

٢



(٢) - كانت برو سوبيريور (١٩٢٤) اول آلة تنتج بالجملة وتفوق سرعتها القصوى ١٦٠ كلم / س . كان لهذا النموذج المسمى بلاك ألبين (١٩٣٠) محرك جاب مزدوج بشكل ٧ وبحجم ٦٨٠ سم ٣ ، وعلبة تعشيق ستورمي أرتشر باربع سرعات ، وشوكة امامية سفلى من صنع هارلي دافيدسون .

٣



(٣) - بلغت نورتون انترناشونال (١٩٣٢) من النجاح ما جعلها تعرف بـ « نورتون التي لا تجارى » . كان لهذا النموذج (٤٩٠ سم ٣) نابضات صمام بشكل دبوس شعر وكان لغيره من النماذج مقود مركب على مطاط ، واضافات اختيارية تشمل نوابض خلفية مخمّدة ، وانابيب انفلات مباشر ، وعلبة تروس نورتون من نوع (ت ت) .

(٤) - جاءت فيلوسيت (ك ت ت) في عام ١٩٤٩ نتيجة للنجاح الباهر الذي احرزته المؤسسة في مباريات الثلاثينات . كان للمحرك

الذي اخترعه عام ١٩٨٨ ج . ب . دنلوب (١٨٤٠ ـ ١٩٢١) على تخفيف الصدمات الناجمة عن خشونة سطح الطريق . قبل تلك التحسينات ، كان ناقل الحركة الى العجلة عادة كناية عن حزام من الجلد معرض للانقطاع او للانزلاق في المطر ، وكان يتم اشعال المحرك بادارة الدواسة بالرجل ، او يتم أيضا بعملية الرطم اذ يدفع الراكب الدراجة الى الامام ويجري الى جانبها حتى يقفز على المقعد بعد اشتعال المحرك ، وكان المكربن الرشاش (الذي يمزج الهواء بالبنزين ويرشهما معا) الذي عدّله بتلر عام ١٨٨٩ وحسنه عام ١٨٩٣ وليم مايباخ (١٨٤٧ ـ ١٩٢٩) سلفا للمكربنات التي لا تزال تستعمل حتى الآن .

يعود تاريخ الدراجة بثلاث عجلات ايضا الى حوالى ١٨٨٠ ، وكان بعضها يفوق بعض الشيء الكراسي ذات العجلات المدفوعة



٤

(٣٤٨ سم ٣) عمود فوقي لادارة الكامات ومخمدات للصدمات خلفية ملأى بالهواء وشوكة امامية « عارضية » (استبدلت في ما بعد بشوكة متداخلة) .

٥

(٥) ـ تحدرت دراجة هارلي دافيدسون المصنوعة للحكومة الكندية سنة ١٩٤٧ من الدراجات المدنيّة الأولى . كان هيكلها ومحملها وعلبة تروسها وقابضها مقواة . وكان لمحركها (٧٥٠ سم ٣) اسطوانتان بشكل V وصمامات جانبية ، وكان قويا وجديرا بالثقة . وقد اعتمده الحلفاء للسعاة الراكبين وللشرطة العسكرية في آخر الحرب .

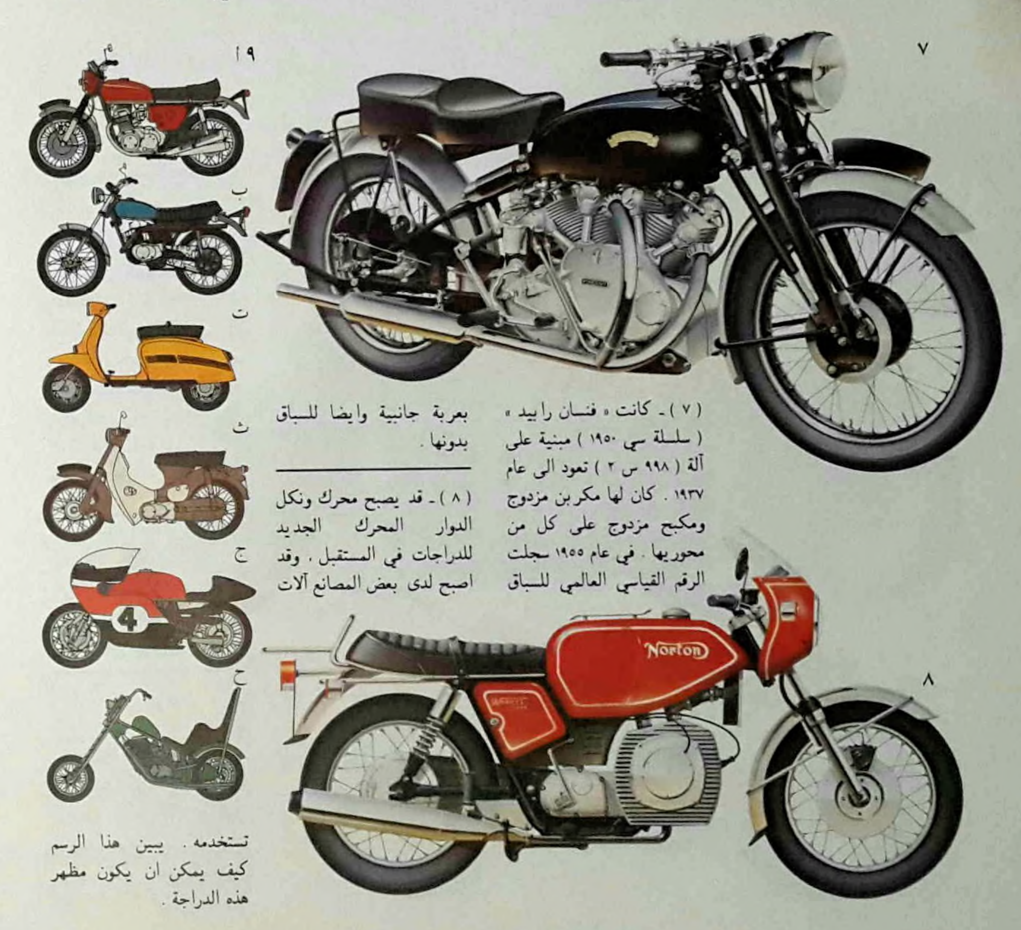
٦

(٦) ـ كان لاوغسطا م . ف (١٩٥٠) محرك باربع اسطوانات صممته انج ريمور . كانت ادارة النماذج الاولى تتم بواسطة عمود التدوير الذي استبدل فيما بعد بسلسلة . وكان لها احد المطلقات الكهربائية الاولى .

بمحرك . لكن دراجة دي ديون بوتون لعام ١٨٩٨ كان لها محرك خلفي وترس تفاضلي (ديفرنسييل) ، وكانت سرعتها المذهلة في ذلك الحين تبلغ ٤٠ كلم / س .

تطويرات اوسع للدراجة النارية

نشطت حركة صنع الدراجات النارية ايضا في الولايات المتحدة ، حيث كان اهم صانعيها في عام ١٩٠٥ شركة هارلي دافيدسون وشركة انديان . كانت كلتا الشركتين اول من استعمل القبضات الحلزونية (١) على المقود للتحكم بالصمام الخانق ولتقديم توقيت الاشعال وتأخيره . كان لدراجة انديان (١٩٠٥) محرك ذو اسطوانة واحدة من الفولاذ قوته ١,٧٥ حصان بخاري . وقد صنع هارلي دافيدسون اول محرك باسطوانتين بشكل V عام ١٩٠٩ ، ومنذ ذلك الحين طبق المبدأ ذاته على اكثر محركاته . في عام ١٩١٤ ، كان



(٧) ـ كانت « فنسان رابيد » (سلسلة سي ١٩٥٠) مبنية على آلة (٩٩٨ س ٣) تعود الى عام ١٩٣٧ . كان لها مكربن مزدوج ومكبح مزدوج على كل من محوريها . في عام ١٩٥٥ سجلت الرقم القياسي العالمي للسباق بعربة جانبية وايضا للسباق بدونها .

(٨) ـ قد يصبح محرك ونكل الدوار المحرك الجديد للدراجات في المستقبل ، وقد اصبح لدى بعض المصانع آلات تستخدمه . يبين هذا الرسم كيف يمكن ان يكون مظهر هذه الدراجة .

الرقم القياسي لسرعة الدراجات النارية قد بلغ ١٥٠,٥ كلم / س. وفي السنة ذاتها، وهي بداية الحرب العالمية الاولى، اخذ الجيش البريطاني يستعمل دراجات نارية للسعاة الراكبين واضاف اليها عربات جانبية كان من الممكن تجهيزها برشاش.

منذ العشرينات اصبح لجميع الدراجات النارية الضخمة سلسلة او جذع لادارة العجلات الخلفية. وقد بدأت تظهر محركات بصمامات علوية، وكان لبعضها، مثل محركات هارلي دافيدسون وانديان ذات حجم ١٠٠٠ سم ٣، اربع صمامات لكل اسطوانة. اما في المانيا، فقد جهزت شركة ب م دبليو اولى دراجاتها النارية بمحرك كان له اسطوانتان متقابلتان افقيا. وظل هذا المبدأ معمولا به حتى يومنا هذا.

المحركات الثنائية الاشواط

للمحركات الثنائية الاشواط العاملة بالبنزين قطع متحركة اقل من قطع المحركات الرباعية الاشواط واسهل صيانة. في الثلاثينات، كانت شركة فيلّيه وغيرها من الشركات تنتج اصنافا عديدة من المحركات الثنائية الاشواط باسطوانة واحدة.

في عام ١٩٣٧، جاءت دراجة برو سوبيريور، المجهزة بمحرك «جاب» ذي حجم ١٠٠٠ سم ٣، فرفعت الرقم القياسي العالمي في السرعة الى ٢٧٥ كلم / س. وللمرة الثانية اخذت صناعة الدراجات النارية تعمل للحرب.

تميزت فترة ما بعد الحرب الثانية بمحركات صغيرة وسريعة الدوران، وقد انتجت في اوروبا آلاف من دراجات السكوتر.

في اوائل الستينات، بدأت شركة هوندا اليابانية تغزو الاسواق الغربية بمحركاتها الصغيرة الرباعية الاشواط البالغ حجمها ٥٠ سم ٣. عقبتها شركتا سوزوكي وياماها اللتان انتجتا محركات ثنائية الاشواط، وما لبثتا ان سيطرتا على السوق بمحركات تتراوح احجامها بين ٥٠ و ٧٥٠ سم ٣، وهي آلات رباعية الاشواط تصل سرعتها الى ٢١٠ كلم / س.

١٠



(٩) - من الدراجات النارية الحديثة، (أ) دراجة نموذجية (٧٥٠ سم ٣) تستطيع نقل راكبين في سير سريع، (ب) دراجة نارية بمحرك مركّب عاليا، ومقود عريض، واطارين محززين بعمق للسير عبر الاراضي غير المعبدة، (ت) سكوتر ايطالي له جهاز وقاية من التغيرات الجوية، (ث) دراجة بمحرك صغير، وواصل تلقائي، للاستعمال في المدن، (ج) دراجة للسباق على الطرقات بمحرك ذي مردود قوي على هيكل خاص تبلغ سرعتها ٢٨٠ كلم / س ولا يقوى على ركوبها سوى المدربين تدريبا خاصا، (ح) دراجة بمحرك نموذجي على اطار معدل تعديلا كبيرا.

(١٠) - صنعت اول دراجة نارية في فرنسا عام ١٨٦٩ على اساس دراجة ميشو العاملة بدواسة. كان للدراجة الجديدة محرك بخاري صغير باسطوانة واحدة. كان حزام ليّن من الجلد يربط بكرة في المحرك ببكرة خلفية اكبر منها مثبتة على العجلة الخلفية لتخفيف السرعة. خلال العشرين سنة اللاحقة، صنع المخترعون دراجات نارية بعجلتين او بثلاث عجلات. وفي عام ١٨٨٦، ركّب المهندس الالماني غوتليب ديملر محركه العامل بالبنزين والمبرد بالهواء في دراجة خشبية. اول دراجة تجارية ناجحة عملت بالبنزين هي التي صنعها هنري وفيلهلم هيلد براند عام ١٨٩٣.

تاريخ السيّارة

لم يتم اختراع السيارة بين عشية وضحاها ، ولم تتخذ شكلها النهائي الا بتراكم تحسينات تقنية أدّت في آخر الأمر الى محرك خفيف وفعال . يعتبر الالمانيان كارل بنز (١٨٤٤ ـ ١٩٢٩) وغوتليب ديملر (١٨٣٤ ـ ١٩٠٠) « الابوين الحقيقيين للسيارة الحديثة » . فقد صنعا اولى العربات بمحرك يعمل بالبنزين بفارق زمني بينهما لا يتعدى بضعة اشهر (١٨٨٥ ـ ١٨٨٦) .

قبل ذلك بأكثر من ١٠٠ سنة ، كانت اول عربة ذاتية الدفع تجتاج شوارع باريس بضجيج هائل وبسرعة ٥ كلم / س ، وذلك عندما قام نيكولا كونيو (١٧٤٥ ـ ١٨٠٤) بتجربة عربته العاملة بالبخار (١) .



(١) ـ كانت اول سيارة ذاتية الدفع ـ وهي من صنع كونيو عام ١٧٦٩ ـ جرارة تعمل بالبخار ولها اسطوانتان وتوجهها ذراع او دفة يدوية . كان محركها فوق عجلتها الامامية الوحيدة ، وكانت مصممة لجر المدافع . وقد اوقعت مخترعها في اول حادث سيارة في العالم عندما اصطدمت بحائط .

(٢) ـ كانت سيارة بنهار ولوفاسور (١٨٩٤) نسخة متطورة عن سيارة عام ١٨٩١ . كانت مجهزة بمحرك ديملر مركب في مقدمتها . مع دفع يمر في واصل وعلبة تروس الى العجلتين الخلفيتين . وقد اقتبس العالم هذا التصميم الفرنسي في صناعة السيارات الحديثة على نطاق واسع .

(٣) ـ ظهرت المرسيدس التي صنعها ديملر عام ١٩٠١ . كانت سابقة لعصرها من الناحية التقنية . وكان لها محرك قوته ٣٥ حصانا وسعته ٥,٩ ليترات .

(٤) ـ صنع من رولز رويس موديل ١٩٠٧ سلفر جوست ٦١٧٣ سيارة اعطت الشركة شهرتها العالمية . كانت مزودة بمحرك سعته ٧ ليترات وقوته ٤٨ حصانا .

(٥) ـ سيارة فورد موديل (ت) (١٩٠٨) . كانت سهلة القيادة وراجت رواجا كبيرا حتى انه بيع منها اكثر من ١٥ مليون قبل توقيف صنعها سنة ١٩٢٧ .

(٦) ـ السيارة الكلاسيكية فوكسهول (٣٠ / ٩٨) التي اشتهرت بنجاحها في سباق السيارات وفي تسلق الجبال .

(٧) ـ السيارة سيتروان موديل ١٩٣٤ كانت النموذج لتصميم موديل ١٩٣٩ والموديلات اللاحقة .

(٨) ـ سيارة فولكسفاجن (ومعناها السيارة الشعبية) التي صممها فرديناند بورش (١٨٧٥ ـ ١٩٥١) سنة ١٩٣٤ بمحرك خلفي يبرد بالهواء . لم يطرأ على هذا التصميم الا تغير لا يذكر منذ ذلك الحين .

السيارة الاولى

صنع الالماني نيكولاس اوتو (١٨٣٢ - ١٨٩١) اول محرك رباعي الاشواط وذي احتراق داخلي عام ١٨٧٦ ، وفي عام ١٨٨٥ ركّب محركا صغيرا رباعي الاشواط في داخل هيكل مستدير ، ثم قاد عربته الاولى العاملة بالبنزين على اربع عجلات في ضواحي مدينة كانشتات عام ١٨٨٦ . وكان بنز قد جرب عربته الثلاثية العجلات في مدينة منهايم المجاورة .

منح ديملر شركة بنهار ولفاسور الفرنسية ترخيصا لصنع محرّكه ، فركبته هذه الشركة في مقدمة عربتها البسيطة (٢) التي كانت عجلتاها الخلفيتان تسيّران بواسطة واصل وعلبة تروس . وهكذا شوهدت في عام ١٨٩١ اول سيارة بتصميم هندسي حديث . وبعد ثلاث سنوات من ظهور اول سيارة من هذا النوع ، كانت فرنسا تقدم للجمهور مباريات



في سباق السيارات على الطرقات العامة .

في أواخر القرن الماضي ، كان البنزين والبخار والكهرباء على قدم المساواة تقريبا كطاقة محركة للسيارات . فالبخار برهن عن فعاليته وجدارته بالثقة . وضربت السيارات الكهربائية الرقم القياسي في السرعة على الارض . وانشأت فرنسا عدة مصانع للسيارات العاملة بالبنزين على ايدي شركات بنهار ، بيجو ، رينو ، داراك ، ديلاهي وسواها . وفي المانيا انتج بنز اول سيارة انتاج نموذجي في العالم هي الفيلو (١٨٩٤) ، وكانت شركة ديملر على وشك تقديم سيارة مرسيدس (٣) الى الجمهور (١٩٠١) .

اما في الولايات المتحدة ، فقد تطورت السيارات باتجاهات مختلفة . فقد كان الامريكيون ينظرون الى السيارة لا كألعوبة للأثرياء ، بل كوسيلة جديدة للمواصلات ضرورية في قارة كان يحد من الاسفار فيها



(٩) - سيارة ميني التي احرزت نجاحا كبيرا منذ صنعها سنة ١٩٥٩ هي من تصميم الك ايسيجونس (١٩٠٦ -) ولها محرك عرضي وعلبة تروس مدموجة معه . ودفع امامي وتعليق منفصل لكل من العجلات الاربع .

(١٠) - سيارة فيات (١٢٨) هي سيارة نموذجية لسيارات اوروبا في السبعينات . يراعي تصميمها ارتفاع اسعار البنزين وعدم توفره . ولها محرك امامي عرضي صغير الحجم يدور بسرعة فائقة محركا العجلات الامامية . ادخلت على السيارة تعديلات عديدة وتجهيزات اضافية فغدت تصنع اما ببابين او باربعة ابواب . ومنها نموذج رالي او كوبيه للرياضة . ونموذج ستايشن للتجارة .

(١١) - صنع جوتليب ديملر (١٨٣٨ - ١٩٠٠) سنة ١٨٨٣ احد اوائل المحركات الخفيفة الوزن التي تعمل بالبنزين وتدور بسرعة . طوّر هذا المحرك في مختبره الذي انشأه سنة ١٨٨٢ في مدينة كانشتات في المانيا بالتعاون مع فلهلم مايباخ ، وركبه على دراجة خشبية سنة ١٨٨٥ . وفي السنة التالية صنع اولى سياراته . في تلك السنة وبطريقة مستقلة تماما قام كارل بنز بصنع سيارته الاولى التي كانت مزودة بثلاث عجلات وبمحرك ذي اسطوانة واحدة يبرد بالهواء ويركب بالعرض في مؤخرة السيارة .

طول المسافات وقلة الطرقات .

في بريطانيا العظمى ، التي تأخرت انطلاقتها في هذا الميدان ، ظهرت التشريعات المتعلقة بالسيارات عام ١٨٩٦ عندما اصبح مرتفعا حد السرعة المسموح بها . لكن لم يمض زمن طويل على ذلك حتى اخذت شركات لنشتر وديملر (في كوفنتري) وولسلي ونابير وغيرها تنتج السيارات .

التطورات اللاحقة

شجع الاهتمام الحماسي بالسيارات ، الذي أبداه الملك ادوار السابع ، هذه الصناعة ، فاصبحت السيارة وسيلة مقبولة للسفر للأثرياء . وبدأت بعض المصانع البريطانية تناضل ضد التفوق الفرنسي ، فتمت المشاركة عام ١٩٠٤ بين تشارلز رولز والمهندس هنري رويس (٤) في هذا السبيل . وفي ذلك الوقت كان هنري فورد في الولايات المتحدة يستعد لاحداث ثورة في عالم السيارات بنموذجه (ت) الذي ظهر عام ١٩٠٨ (٥) .

في عام ١٩١٠ ، كان تصميم السيارات قد اتخذ شكلا مستقرا على اساس محرك باربع (او ست) اسطوانات وبصمامات جانبية مركب في مقدم السيارة . وقد تحسنت الوقاية من تقلبات الطقس ، وكان من شأن المُطلِق الكهربائي المستورد من امريكا (١٩١٢) انه شجع السيدات على قيادة السيارات .

سيارات زهيدة الثمن

في العشرينات اسهمت الطلبات المتزايدة الصادرة عن الجمهور في ظهور سيارات في السوق ارخص ثمنا ، فاخذت تصنع منها شركات موريس وسيتروان واوبل واوستن وفيات ، مع ان السيارات الفخمة والباهظة الثمن كسيارات هيسبانو - سويزا ، ميباخ ، فوازان ، ديلاج بقيت تفرض الاحترام وتثير الاعجاب .

في الثلاثينات ، أصبحت اكثر السيارات تصنع من أجل السائق من الطبقة الوسطى الذي يجهل شؤون السيارة التقنية ويتطلب سيارات مضمونة كليا . لكن حدثت مع ذلك تغييرات تقنية هامة . ففي عام ١٩٣٤ ، انتج سيتروان السيارة ذات الجر الامامي (٧) ، فكانت اول سيارة من الحجم المتوسط تدفع بتحريك العجلات الامامية ولها تعليق مستقل . وفي المانيا ، تم في عام ١٩٣٨ صنع السيارة الالمانية الفولكسفاجن (السيارة الشعبية) التي هي السيارة الوحيدة التي اجتازت اربعة عقود حتى الآن (٨) .

كانت اولى سيارات ما بعد الحرب العالمية الثانية شبيهة بسيارات ما قبلها ، ولكن في عام ١٩٤٨ ظهرت سيارتان بريطانيتان اثرتا على التصاميم اللاحقة ، هما سيارة موريس ماينور وسيارة جاغوار الرياضية (اكس ك ١٢) بسرعة ١٩٣ كلم / س . وفي عام ١٩٥٥ ، ادهش عالم السيارات نظام التعليق السائلي لسيارة سيتروان (١٩ د س) ، وهي نسخة مطورة عن سيتروان عام ١٩٣٤ . وشهدت نهاية عام ١٩٥٩ ظهور سيارة موريس ميني ماينور / اوستن سفن المعروفة الآن عالميا بالميني (٩)

منذ ذلك الحين ، اصبحت السيارات تقوم بدور متزايد الاهمية في الحياة العصرية ، الى ان غدت اعدادها المتزايدة تهدد الصحة العامة وموارد الطاقة وحركة التنقل ذاتها .

كيف تعمل السيّارة

للسيارة النموذجية الحديثة اربعة انظمة رئيسية : المحرك الذي يؤمن لها القدرة ، وجهاز نقل الحركة الذي يمد العجلات بالقدرة ، والنظام الكهربائي ، والهيكل الذي يحتوي على المقود والمكابح والتعليق (٧) . مبدأ العمل واحد في المحرك حيثما وضع ، في الوراء لادارة العجلتين الخلفيتين ، او في الامام لادارة العجلتين الاماميتين ، او حتى في الوسط . ففي السيارة التقليدية ذات المحرك الامامي والادارة الخلفية (وهي الارخص صنعا) ينقل المحرك الحركة الدورانية ، بواسطة الواصل وعلبة تروس السرعة وذراع التوصيل والترس

١

٢

٣

٤

المحرّك وانفلات الغازات
نظام الوقود
النظام الكهربائيّ
نظام التبريد
نقل الحركة
المقود والتعليق
المكابح

(١) ـ المصطلحات المستعملة في السيارات ، المنوّب ، يعبىء البطارية عوضا عن الدينامو في اكثر الأحيان ، القضيب المثبت ، قضيب من الفولاذ الصلب متصل بالتعليق يخفف من التمايل في المنعطفات ، قوة المكابح ، قياس قوة المحرك بالاحصنة ، لقمة المكابح ومخمداتها ، اللقم قطع مقوسة من الفولاذ مبطنة تضغط على طبلة المكبح ، والمخمدات تمسك الاقراص المكشوفة ، المخمدات ، مخمدات الارتجاج تخفف من ارتدادات النوابض ، الاعمدة النصفية ، جزءا المحور الخلفي المداران بواسطة الترس.

(٢) ـ تظل التروس في علبة تروس السرعة متداخلة (الا عند الرجوع الى الوراء) . تدور تروس عمود الخرج (١) حول هذا العمود ، اما تروس العمود المتوسط (٢) فتظل ثابتة . عندما يختار ترس ، تتشابك العجلة المسننة الملائمة مع عمود الخرج . في الترس الأول تستعمل اوسع نسبة للقيادة بسرعة بطيئة . يستعمل الترسان الثاني والثالث تدريجيا نسبا اضيق ويتم الحصول على الترس العلوي بوصل عمود الدخل مباشرة بعمود الخرج . السرعة المضاعفة يؤمنها ترس علوي منفصل تجهز به بعض السيارات للحد من التأكل والتمزيق واستهلاك البنزين ، ويمكن تشغيل هذا الترس آليا أو باليد .

---

(٣) ـ للاطارات بطبقات قطرية اسلاك في داخلها تقويها وهي ممتدة من طرف الى آخر دون تقاطع . انها اكثر صمودا للطريق من الاطارات ذات الطبقات المتقاطعة وتدوم اكثر منها .

---

(٤) ـ تصنع الاطارات ذات الطبقات المتقاطعة بحيث تتقاطع اسلاكها لتشكل تشابكا ، وهذا ما يؤمن مقاومة واحدة على طول الطرفين وعلى السطح المحيطي . يشكل استعمال الاطارات ذات الطبقات القطرية مع الاطارات ذات الطبقات المتقاطعة خطرا كبيرا . في كثير من البلدان يعتبر هذا الاستعمال مخالفا للقانون .

---

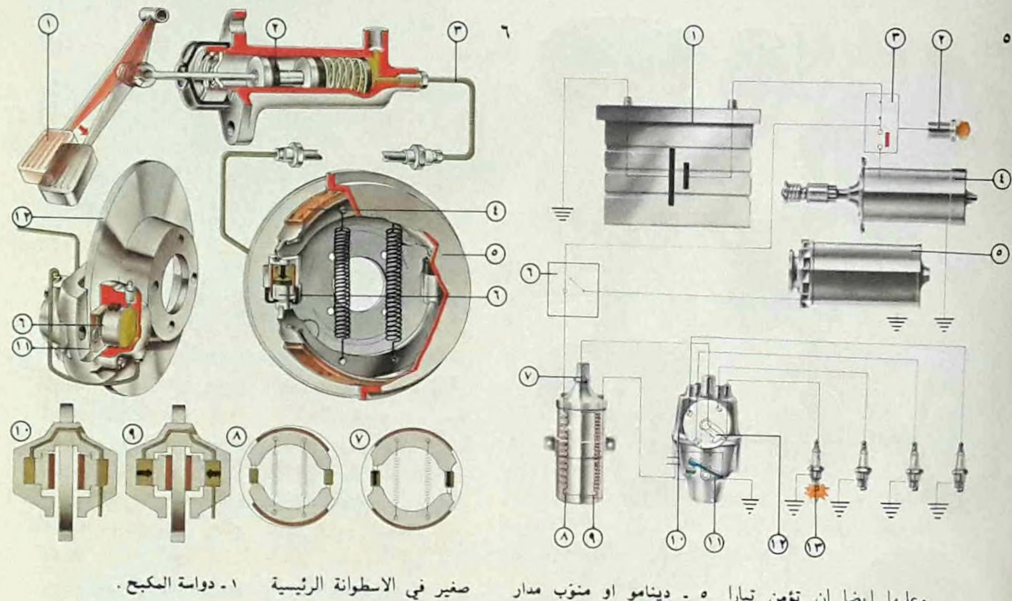
(٥) ـ على البطارية بقوة ٦ فلطات او ١٢ فلطا أن تؤمن ١٠٠٠٠ فلط للشموع عن طريق الملف بمعدل ٣٠٠ مرة في الثانية .

التفاضلي، الى المحور الخلفي وعجلات الطريق .

جهاز نقل الحركة

بفضل الواصل يتمكن السائق من وصل قدرة المحرك بالعجلات او فصلها عنها، ومن تعشيق المسننات، ومن الانطلاق بالسيارة برفق ومن ايقافها دون ايقاف المحرك . فعندما يضغط السائق على دواسة الواصل فيما تكون مسننات السيارة معشقة، تنفصل علبة تروس السرعة وباقي جهاز الحركة عن المحرك . اما اعتاق الدواسة فيؤدي الى الوصل .

تكون علبة تروس السرعة (اليدوية او الآلية) موضوعة عادة وراء الواصل مباشرة، وهي مصممة لتغيير نسبة السرعات بين المحرك والعجلات . يعمل المحرك العادي العامل بالبنزين على احسن وجه بين ٢٠٠٠ و ٥٠٠٠ دورة في الدقيقة (وهي سرعة دوران



وعليها ايضا ان تؤمن تيارا للانطلاق والتدفئة والانارة والتوابع الكهربائية . لا يظهر في الرسم البياني سوى انظمة الانطلاق والاشعال واعادة التعبئة.

١ - البطارية .
٢ - مفتاح الاشعال .
٣ - مرحل كهرطيسي ينشطه المفتاح عند الاطلاق فيصل البطارية بالمطلق ٤ - المطلق .
٥ - دينامو او منوّب مدار بمحرك لاعادة تعبئة البطارية.
٦ - علبة التحكم ٧ - ملف الاشعال
٨ - الملف الأولي .
٩ - الملف الثانوي .
١٠ - الموزع ١١ - قاطع التماس .
١٢ - ذراع العضو الدوار .
١٣ - الشموع .

---

(٦) - عندما يضغط السائق على قدمية المكبح، يدفع ترس صغير في الاسطوانة الرئيسية سائلا في اسطوانات هيدرولية لكبح الاسطوانات في جميع العجلات، مما يدفع المخمدات للالتصاق بالطبول او بالاقراص . (مخمدات حذاء المكبح قطع فولاذية مقوسة مبطنة باحذية ليفية متينة تعمل في داخل طبول المكبح . تعمل المخمدات على اقراص مكشوفة فتمسكها كالكلابة) .

١ - دواسة المكبح .
٢ - الاسطوانة الرئيسية .
٣ - انبوب هيدرولي .
٤ - حذاء المكبح وبطانته .
٥ - طبل المكبح .
٦ - اسطوانة مكبح العجلة .
٧ - طبل مكابح مشدودة .
٨ - طبل مكابح غير مشدودة .
٩ - قرص مكابح مشدودة .
١٠ - قرص مكابح غير مشدودة .
١١ - مخمدة المكبح ١٢ - قرص .

الجذع المعقوف) . من اجل تحقيق ذلك عندما تكون سرعة السيارة بين ١٥ و ١٥٠ كلم / س . اعطيت علبة تروس السرعة اليدوية العادية الخيار بين اربعة نسب لسرعة التروس الى الامام بواسطة اربعة ازواج من المسننات (٢) . فاختيار المسننة البطيئة (الأولى) يمكّن المحرك من الدوران بسرعته الشاغلة مع ادارة العجلات ببطء ، مما يولد عزما قويا للتدوير يكون ضروريا للتغلب على القصور الذاتي والحمولات الثقيلة والطرق الصاعدة . لكن عندما تزيد سرعة السيارة وتخف الحاجة الى القدرة ، يصبح بالامكان الانتقال تدريجيا الى المسننات الاخرى حتى بلوغ السرعة القصوى .

يكون ذراع التوصيل مركبا تحت ارضية السيارة وعلى طولها وموصولا من طرفه الامامي بعلبة تروس السرعة ومن طرفه الخلفي بالترس التفاضلي . للترس التفاضلي

٧

٨

(٧) - في السيارات الحديثة النموذجية يركب المحرك في المقدمة ، فيدير العجلات الخلفية بواسطة علبة تروس السرعة وذراع التوصيل . يثبت المحرك والتعليق ونظام التوجيه على جسم السيارة الرئيسي الذي هو « صندوق » جاسيء مصنوع من صفائح مقوسة منفصلة ملحومة معا . تصمم اكثر السيارات بحيث يمكن تكييفها للقيادة على اليمين او على اليسار لتسهيل بيعها في جميع انحاء العالم .

(٨) - يمكن الترس التفاضلي كلا من العمودين النصفيين ومعه العجلة المرتبطة به من ان يدور ببطء اكثر من الآخر في المنعطفات ، وهذا ما يحسن الانعطاف الزاوي ويخفف من تاكل العجلات . يتلقى العمودان النصفيان حركتهما من الترس التفاضلي وينقلانها الى العجلات . يبين الرسم البياني ان السائق عندما يدير عجلة القيادة ، ترسم العجلة الخلفية الداخلية قوسا اقصر من قوس العجلة الخلفية الخارجية . بدون الترس التفاضلي يؤدي اجتياز منعطف الى تأكل العجلات وسوق مريب . يدير ترس صغير في طرف ذراع التوصيل الترس الرئيسي في الجهاز التفاضلي الذي يدير بدوره اربعة تروس مخروطية صغيرة تمكن العمودين النصفيين من السير بسرعات مختلفة .

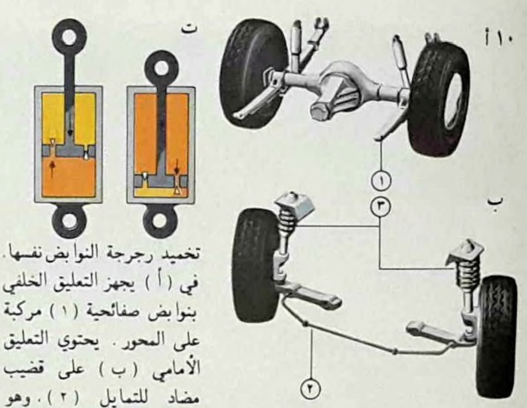
٩

(٩) - يستعمل عادة نوعان رئيسيان للقيادة ، للقيادة بالجريدة والترس هناك ترس صغير مسنن (١) في طرف عمود القيادة (٢) يتداخل في جريدة مستعرضة (٣) ويحركها يمينا او يسارا حسب الحاجة . ينقل ذراع توصيل (٤) في كل من الطرفين

وظيفتان (٨) : نقل قدرة الدفع عموديا الى المحور الخلفي والعجلات الخلفية ، وتمكين العجلة الخلفية الخارجية من الدوران في المنعطفات بسرعة تفوق سرعة العجلة الخلفية الداخلية .

النظام الكهربائي والمكابح

قبل عام ١٩٠٧ ، كان للبطارية وظيفة واحدة هي تأمين الشرارة للشموع لاشعال



الحركة الى العجلات . لصندوق التوجيه (لا يرى هنا) علبة تحتوي على ترس دودي لتخفيض السرعة . يدير الترس ذراع توصيل حركة جهاز التوجيه ثم ذراع كبح عن طريق وصلة مستعرضة . أما نظام القيادة بالقدرة ، فهو تحسين حديث للادارة ، لأنه يجعل من السهل قيادة السيارات الكبيرة باستخدام الضغط الزيتي .

---

(١٠) - بدون التعليق ، ينتقل كل عدم انتظام في سطح الطريق الى ركاب السيارة ، فيساعد نظام النوابض على تحاشي ذلك ، لكنه لا بد من

تخميد رجرجة النوابض نفسها . في (أ) يجهز التعليق الخلفي بنوابض صفائحية (١) مركبة على المحور . يحتوي التعليق الأمامي (ب) على قضيب مضاد للتمايل (٢) ، وهو قضيب فولاذي مثبت على التعليق لتخفيف التمايل بفضل مقاومته للالتواء او للانفتال ، وهو غير القضيب الذي تجهز به بعض السيارات للحؤول دون تحطم الركاب عند انقلاب السيارة . تمتص النوابض اللولبية (٣) صدمات الطريق . كذلك تركّب ممتصات صدمات متداخلة (ت) ، كثيرا ما تسمى مخمدات ، على الهيكل والتعليق لتخفيف الصدمات الناجمة عن النوابض ذاتها ، كما يرسل زيت تحت الضغط الى صمامات خانقة لابطاء حركة تراجع النوابض .

المزيج من البنزين والهواء في الاسطوانات . أما اليوم ، فقد اصبح عمل السيارة متوقفا على عدة اجهزة كهربائية (٥) تتغذى جميعها من البطارية التي يعيد تعبئتها دينامو (او منوّب) يديره الجذع المعقوف بواسطة حزام يدير ايضا مروحة التبريد . فالبطارية (وقد تكون قوتها ٢ او ١٢ فلطا) تغذي الملف (ملف الحث) الذي يؤمن للشموع تيارا كهربائيا عالي الجهد بواسطة موزع ، وهي تؤمن ايضا تيارا لاشارة التحذير والمصابيح وجهاز التدفئة ومساحة حاجب الريح وجهاز الراديو وبخاصة للمحرك عند بدءالحركة .

جهاز التعليق

يصمم جهاز التعليق لتأمين سفرة مريحة وهادئة للركاب ولحماية هيكل السيارة واجزائها من تأثر الارتجاجات والصدمات الناجمة عن عدم استواء الطرق (١٠) . لكن قد تحدث النوابض ذاتها ارتجاجات ، لذلك تزود بمخمدات للتخفيف من تلك الارتجاجات .

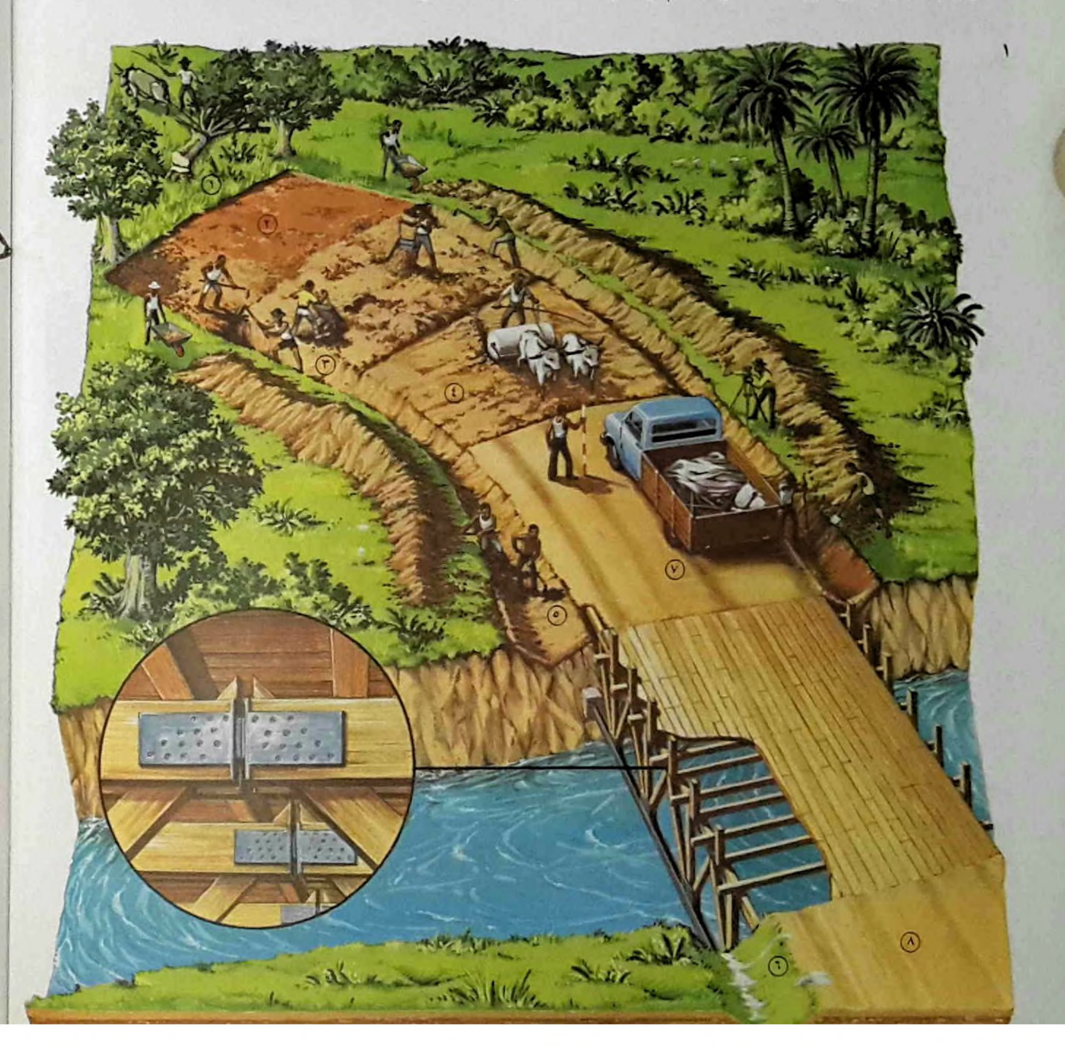
كل من العجلتين الاماميتين مركب على محور مستقل بحيث تدور كل عجلة منهما على محورها عندما يدار مقود التوجيه .

لنظام الادارة بالجريدة المسننة والترس (٩) ، وهو الاكثر شيوعا بين عدة انظمة ، ترس في طرف عمود التوجيه يتداخل في جريدة مسننة مستعرضة . تتحرك الجريدة المتصل طرفاها بذراعي توصيل متصلين بكل من العجلات وتتوجه الى اليمين او الى اليسار وفقا لحركة المقود ، فتتجه العجلات في الاتجاه المطلوب . تسهل القيادة الزيتية هذه العملية .

التقنيات الصغيرة والنقل

تعتبر وسائل النقل الطبيعية - وهي الطرق والسكك الحديدية التي ينتقل بواسطتها الناس من مكان الى آخر - مقومات اساسية للتقدم. فعندما حفرت اقنية الري في اندونيسيا قبل اكثر من نصف قرن، لم يفكر احد اذ ذاك بشق طرق موازية لها. غير ان عدم شق هذه الطرق ادى الى تدني مستوى المراقبة والصيانة لتلك الاقنية، فكان ان تقوضت تلك الاقنية في آخر الأمر من جراء ذلك. لقد اعيد حفر تلك الاقنية اليوم لنقل المواد الغذائية الضرورية للعدد المتزايد من السكان، وشقت لها الطرق، ولكن باكلاف فاقت كثيرا ما كانت تقتضيه من نفقات في بادىء الامر.

١



كذلك لا يمكن ان تستغني عن نظام نقل متطور عمليات توزيع المواد الغذائية والعمليات التجارية بوجه عام التي بدونها لا يتم الا القليل من التحسن المطرد في نوعية الحياة لأي مجتمع . ومن المعروف ان المقومات الاساسية لوسائل النقل الطبيعية هي من نتاج التقنيات ، وبقدر ما يكون المجتمع غنيا ، تكون تقنياته متطورة . فالتقدم انما هو نتيجة لسيطرة الانسان على العالم الذي يعيش فيه ولقدرته على الاستفادة من الموارد المتوفرة له . لكن هناك طريقتان لحل مشكلة المناطق التي يكون بناء الطرقات فيها بالوسائل الآلية صعبا ، ووسائل النقل الحديثة باهظة الثمن ، والتقدم محدودا من جراء الافتقار الى وسائل نقل كافية : الاولى ، طريقة المساعدات الخارجية ، وهي نظام تمد فيه البلدان الغنية البلدان الفقيرة بالمال والمعدات والاختصاصيين ؛ والثانية ،



(١) ـ تختلف الطرائق الزهيدة الثمن لبناء الطرقات باختلاف المناخ وتوافر المواد والايدي العاملة . المبادىء الاساسية هي عامة . ويمكن غالبا اعتماد الطريقة التالية لوضع تلك المبادىء موضع التنفيذ مع تكييفها مراعاة للظروف الخاصة . فلبناء طريق من التراب ، لا بد اولا من ازالة الاشجار والادغال والجذور (١) . تقطع الاشجار لتعريض الطريق لاشعة الشمس حتى تجف تربتها . ثم تنزع التربة (٢) المتراكمة على سطح الطريق وتوزع على مسافة لا تبعد اكثر من ٨ امتار عن محور الطريق . يحفر على حافتي الطريق خندقان عريضان (٣) وينثر ترابهما لرفع مستوى الطريق بينهما . يدمّج السطح بمدحلة (٤) مع تأمين تحدّر عرضي لتأمين تصريف المياه لا يقل عن ١/٣٠ . لا بد ايضا من تأمين تحدّر الخندقين على طولهما لتصريف المياه الفائضة (٥) . يجب ايضا نثر التراب على حافتي الخندقين تسهيلا لنمو الاعشاب (٦) . يمكن تأمين سطح صامد للماء (٧) بوضع طبقة من الحصى عليه قطرها ٥ سم وتغطيتها بحجارة مسحوقة لملء الفراغات . ويؤمن التمهيد النهائي بالمدحلة سطحا ملتزا (٨) . يمكن بناء الجسور باستخدام عدد من القطع الخشبية القياسية المحضّرة مسبقا تركّب على عارضات فولاذية وتثبت معا بصفائح معدنية متشابكة (تظهر في داخل الرسم) .

---

(٢) ـ يمكن بناء الطرق المحاطة بالماء والتراب بدون اللجوء الى آلات حديثة وغالية الثمن . فالممهدة (أ) ، التي يبلغ طولها ٢،٤ م والتي لها حروف معدنية ويجرها ثوران ، قد استعملت في بناء كثير من الطرق الاولى في الولايات المتحدة . كذلك يستطيع انسان واحد ان ينقل كمية كبيرة من التراب بواسطة زوج من الثيران يجر برميلا (ب) . كما يمكن استعمال كراءة بشكل ٧ لها انف من الفولاذ لحفر الخنادق (ت) .

٣

(٣) ـ في المجاري المائية تؤمن الاطواف وسيلة اقتصادية لنقل الحمولات الثقيلة . فالصين الساحلية مثلا اقدمت اختباريا وبطريقة الانتاج بالجملة على صنع زوارق من الاسمنت المسلح ، فاصبح لديها وسيلة نقل زهيدة الثمن وطويلة العمر تبلغ حمولتها ستة أو عشرة اطنان . تبنى هذه الزوارق باليد رأسا على عقب فوق حفرة باستعمال حواجز تمد فوقها قضبان من الفولاذ وشباك سلكية ثم تصفح بالاسمنت .

باستخدام تقنات اكثر بساطة واقل كلفة. وحتى في حال توفر المساعدات الخارجية، فان هذه المساعدات تكون اكثر نفعا اذا ما وزعت على عدد كبير من المشاريع المحلية الزهيدة الثمن بدلا من ان تنفق على مشاريع كثيرة التعقد وباهظة الكلفة.

بناء الطرقات القليلة الكلفة

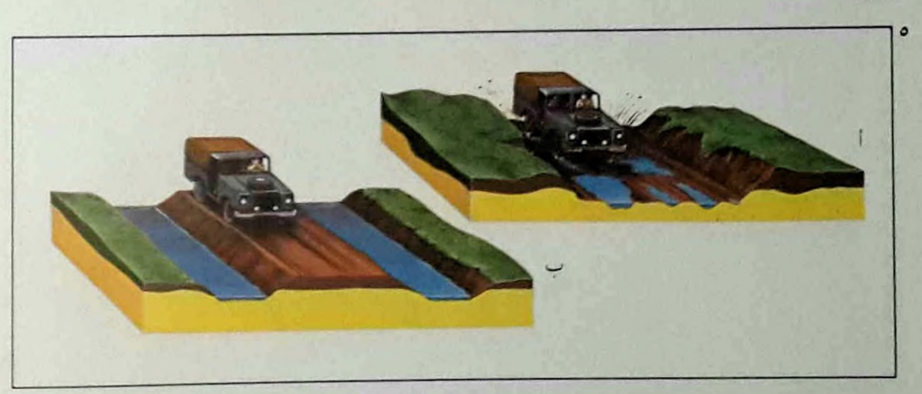
مبادىء تخطيط الطرقات بسيطة. كما أن بناءها عملية سهلة ايضا نسبيا (١ و ٢). فلا بد من تفريغ المكان من التراب واحيانا من الصخور. كما لا بد من اقتلاع الحجارة وتكسيرها وتجميعها ومدها على الطريق ووفقا لتصميم سابق، مع الاهتمام بضبط المستويات لان تصريف الماء من على الطريق بعد انجازها متوقف على ذلك. لكن تسوية سطح الارض لا تتطلب ادوات باهظة الثمن ولا تقنات معقدة. فهناك طريقة

٤

(٤) - ما تزال العربة التي تجرها الثيران اكثر وسائل النقل المستعملة في ارياف اكثر بلدان العالم النامية. من حسناتها انها، بعكس العربات بمحرك، بسيطة الصيانة وسهلة الاصلاح وتستعمل طاقة العلف بدلا من طاقة الوقود، وان الثيران التي تجرها لا تلوث الهواء بل تعطي سمادا يعتبر من المنتجات الثانوية المفيدة. لكن لها سيئات ايضا، اهمها هدر الطاقة الذي تسببه محامل العجلات البدائية والاحتكاك بين العجلات المصمتة والطريق. فاذا استعمل لهذه العربات محور السيارات القديمة الخلفي وعجلاتها واطرها، يمكن التغلب على هذه الصعوبة بثمن زهيد والحصول على عربة فعالة.

(٥) - من مزايا الطرق المصممة تصميما حسنا ان المياه (أ) لا تتجمع فيها بل تصرف تلقائيا (ب). كان جون مك آدم (١٧٥٦ - ١٨٣٦) أول من طبق المبادىء الاساسية للطرق الصالحة، والتي تتلخص بالقول ان الطبقة الموجودة تحت التربة هي التي تتحمل حركة السير، وان كل تربة مرصوصة وجافة تستطيع تحمل اثقال معتدلة.

٥



رخيصة وافية بالغرض تقوم على استعمال انبوب من البلاستيك الشفاف يربط طرفاه على زوج من القضبان الخشبية. يغرز القضيبان منتصبين في الارض ويملأ الانبوب ماء، ويكون القضيبان مدرّجين بالسنتمتر مثلا من اسفل الى اعلى، فيعرف الفرق بين مستويي التربة في مكاني القضيبين بسهولة، وذلك بقراءة ارتفاع مستويي الماء عند طرفي الانبوب وطرح احدهما من الاخر. قد يبلغ طول الانبوب ٣٠ مترا.

بناء الجسور

في اجزاء العالم المتقدمة صناعيا، يكون الجسر الحديث مصنوع عادة من الاسمنت المسلح او، اذا كان الجسر طويلا، من الفولاذ. لهاتين المادتين فائدتهما عندما تكون الاحمال المنقولة ثقيلة ومتكررة. لكن هذا لا يعني انهما اصلح ما يكون لجسر يكون عليه السير خفيفا في منطقة نامية يجب نقل الاسمنت والفولاذ اليها من مصادر بعيدة وباسعار باهظة وتتوفر فيها المواد اللازمة من خشب قوي ومن آجر او حجارة مستخرجة من المقالع المحلية. فقبل شيوع استعمال الحديد (حوالى عام ١٨٣٠) والاسمنت (حوالى ١٨٩٠) كانت اكثر الجسور تبنى بالحجر او بالخشب او بكليهما معا.

لم يدخل تصميم الجسور حتى الآن في فئة المجالات التي يحسن فيها توحيد المقاييس. غير انه اتضح من مخطط وضع حديثا في مصلحة الاحراج بكينيا ان هذا التوحيد يؤدي الى توفير كبير في الاكلاف. فقد صمم مهندس مدني بريطاني يعمل في مصلحة الاحراج في كينيا الواحا قياسية بطول ٣٠ م من خشب السرو المحلي. تصنع هذه الالواح في مصنع مركزي، وتنقل الى الموقع المطلوب، ثم تجمع فيه لاقامة جسر. تستطيع لوحتان متوازيتان منها ان تحمل بأمان شاحنة تزن ٢٠ طنا. واذا كان لا بد من تقوية الجسر لحمل شاحنات اثقل من ذلك، فمن الممكن اضافة لوحات بسرعة.

اما اذا كان الجسر طويلا، فيحسن غرس ركائز خشبية متوسطة في قاع النهر لدعم اجزاء الجسر. ولا بد احيانا من استعمال بعض الحبال الفولاذية لربط الالواح والوصلات. لكن اكثر اجزاء الجسر تصنع من المواد المحلية، ونتيجة لذلك تنخفض نسبة المواد المستوردة والغالية الثمن الى ادنى حد ممكن.

النقل الرخيص

قد لا يمكن الاستغناء عن الشاحنات الحديثة لنقل الحمولات الثقيلة في المناطق الريفية. لكن الحمولات المتوسطة يمكن نقلها بالوسائل التقليدية شرط الحد ما امكن من الاحتكاك وتجنب الانحدارات. وفي هذا يكمن فضل البناء النظامي لشبكة الطرق. فهو يسمح بتلافي المنحدرات القوية، كما يؤمن ايضا سطحا للطريق متساويا وصلبا تجري عليه العجلات المطاطية باقل ما يمكن من الاحتكاك. كذلك اصبحت محامل العجلات الحديثة تزيل اسباب الاحتكاك الاخرى. بهذه الوسائل (٤)، يصبح بامكان زوج من الثيران نقل حمولات ثقيلة بمزيد من الفعالية. لكن النقل الريفي الزهيد الكلفة يتوقف على البيئة المحلية والمواد المتوافرة فيها.

القاطرات

ارتبط انتشار السكك الحديدية ، التي بدّلت الحياة في القرن التاسع عشر ، ارتباطا وثيقا بالقاطرة البخارية . والقاطرة البخارية ، في نظر انصارها ، هي من اجمل الآلات التي صنعها الانسان واكثرها رومنطيقية . ظهرت لأول مرة عام ١٨٠٤ في شكل بسيط (١) اخترعه البريطاني ريتشرد تريفيثيك .

السكك الحديدية الاولى

طُلبت اولى القاطرات البخارية واستعملت في مناجم الفحم في شمالي شرقي انجلترا بين عامي ١٨١٣ و ١٨٢٠ . وفي عام ١٨٢٥ دشنت سكة حديد عامة بين مدينتي ستوكتون ودارلنجتون بانجلترا ، وكانت

(١) - صنع رتشرد تريفيثيك اول قاطرة تجارية عام ١٨٠٤ لمصانع حديد بن - واي - درّان في ويلز الجنوبية بانجلترا . كانت لهذه القاطرة ٤ عجلات قيادة ، ولم يكن لها عجلات امامية او خلفية . كانت سكتها رقيقة وهزيلة وكثيرا ما كانت تنكسر . برهن تريفيثيك في عمله هذا عن مبدأين اساسيين ، اولهما ان العجلات الملساء تستطيع السير على سكك ملساء ، والثاني انها تستطيع جر حمولات ثقيلة .

---

(٢) - كانت القاطرة « روكت » ، اي الصاروخ ، اول مركبة ذات دفع آلي اكتسبت شهرة عالمية . كان لها نظام عجلات (٠-٢-٢) ونوع متقدم من المراجل بانابيب تسخين . اجتازت بنجاح التجربة التي اجرتها شركة ليفربول ومنشستر الجديدة للسكك الحديدية عام ١٨٢٩ ، وقد سجلت رقما قياسيا في السرعة اذ بلغت سرعتها ٤٧ كلم / س . بفضلها استطاع الانسان اخيرا السفر بسرعة تفوق سرعة الفرس .



مصمّمة اصلا لتجرها الخيول ، لكن جورج ستيفنسون (١٧٨١ ـ ١٨٤٨) ، المخترع الرئيسي لقاطرات مناجم الفحم ، اقنع المسؤولين باستخدام قاطرة بخارية لانها تجر القطارات بقوة تفوق قوة الخيول . أدّى نجاح هذه الخطوة الى بناء خط حديدي بين ليفربول ومنشستر جاء اطول من الاول واكثر منه اهمية . افتُتح هذا الخط عام ١٨٣٠ رغم معارضة عنيفة من قبل مالكي الاراضي وسائقي العربات واصحاب الاطواف والسواد الاعظم من السكان الذين كانوا يكرهون كل تغيير ويعتبرون القاطرات التي تقذف الدخان من آلات الشيطان . وبعد منافسة شديدة اختيرت قاطرة ستيفنسون (٢) المدعوة روكيت ، وكانت صغيرة وخفيفة وباربع عجلات فقط مما كان يمكنها من السير على الخط الحديدي الرقيق دون تحطيمه .

لمدة قرن كامل قامت القاطرات البخارية



(٣) ـ كانت القاطرة المدعوة « الجنرال » ، التي صنعت لشركة وسترن واطلنتيك للسكك الحديدية عام ١٨٥٥ ، نموذجا للآلات التي حققت ازدهار غرب امريكا . كان لها نظام عجلات (٤ ـ ٤ ـ ٠) ، وكانت تستطيع السير على سكك هزيلة لا سياج لها .

(٤) ـ دُشّن الجر الكهربائي عام ١٨٩٠ في قلب لندن على خطوط سكك حديدية تحت الارض .

(٥) ـ كانت القاطرة من فئة (٦ / ٥٣) ، التابعة لسكك حديد حكومة بافاريا والمعدة لجر عربات ركاب فخمة ، قد بدأت العمل عام ١٩٠٨ . وكان لها محرك باربع اسطوانات ونظام عجلات (٤ ـ ٦ ـ ٢) .

(٦) ـ سجلت قاطرة ملّارد البريطانية الرقم القياسي العالمي بالسرعة للقاطرات البخارية عام ١٩٣٨ . وقد بلغت سرعتها ٢٠٣ كلم / س . وكانت تجر ٧ عربات .

(٧) ـ كانت قاطرة بيغ بوي التابعة لليونيون باسيفيك اثقل قاطرات تم صنعها (٥٤٠ طنا) . كان لها نظام عجلات (٤ ـ ٨ ـ ٨ ـ ٤) . وكانت تجرّ قطارات طويلة في جبال الروكيز بامريكا بسرعة ١٢٠ كلم / س .

بكامل عمليات الجر تقريبا على السكك الحديدية في العالم . اثناء ذلك ، كان حجم القاطرات وقوتها وسرعتها تزداد باستمرار فأدى ذلك الى تعريف القاطرات بعدد عجلاتها ، فالارقام ٤ ـ ٦ ـ ٢ كانت تدل على عدد العجلات الامامية والمحركة والخلفية . اما السرعة فنادرا ما تعدت ٨٠ كلم / س .

بلغت القاطرات البخارية ذروتها في الثلاثينات من هذا القرن . كانت القطارات البخارية في اوروبا نظيفة ومدهونة بالوان رائعة هي الوان الشركات المشغّلة لها ، وعندما كانت تصمم لنقل الركاب السريع كانت غالبا ما تصل سرعتها الى ١٦٠ كلم / س . اما القاطرات الامريكية ، فكانت تتطور لبلوغ اعلى درجة من قدرة الاستيعاب

القاطرات الكهربائية

كان اول منافس للبخار المحرك



(٨) ـ تبيّن قاطرة باير ـ جارات (٤ ـ ٦ ـ ٤ + ٤ ـ ٦ ـ ٤) التابعة لسكك الحديد الروديسية كيف ان التصميم المفصلي يستطيع جعل القاطرات الثقيلة تسير على خطوط خفيفة . يغذّي المرجل محركين مركبين على مفاصل في كل من طرفيهما .

(٩) ـ بلغت سرعة القاطرة من فئة (سي سي ـ ٧١٠٠) التابعة لشركة سكك الحديد الوطنية في فرنسا ٣٣١ كلم / س في شهر آذار عام ١٩٥٥ . كانت اصلا قاطرة كهربائية عادية ، فعُدّلت لرفع نسبة سرعة التروس .

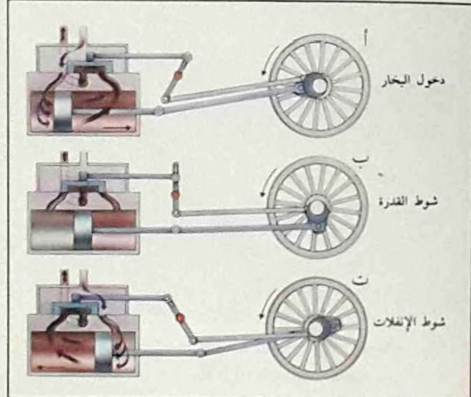
(١٠) ـ بدأت قطارات توكايدو الجديدة تسير بين طوكيو واوزاكا عام ١٩٦٤ . للقطار قوة ١٢٠٠٠ حصان ، وهو يقطع مسافة ٥١٥ كلم من الطريق المكهربة بمدة ٣ ساعات . لكن اكلافه باهظة .

(١١) ـ من القاطرات الحالية النموذجية قاطرة ديزل كهربائية صنعت في مونريال لحساب السكك الحديدية لشرقي افريقيا عام ١٩٧٢ . لم تكن مزخرفة . وكانت حمولتها موزعة على ٨ محاور في عجلتي دوران . وكان بامكانها ان تجر شحنات ثقيلة .

الكهربائي العامل بتيار مطّرد ، الذي استُعمل في المدن (ولا سيما في القطارات التي تسير تحت الارض) لتلافي التلوث بالدخان . سار أول قطار كهربائي في معرض برلين عام ١٨٧٩ .

يعتبر اليوم المحرك الكهربائي ، في شكله الخطّي الذي لا يزال قيد التطوير ، خير وسيلة لجرّ القطارات . غير ان اكلافه الباهظة تحول دون اعتماده الا على الخطوط

١٣



(١٢) ـ سجل القطار السريع الذي دشنته شركة السكك الحديدية البريطانية عام ١٩٧٣ رقما قياسيا عالميا لقطارات ديزل بسرعة بلغت ٢٣٠ كلم / س . صمم هذا القطار للخدمة العامة ابتداء من عام ١٩٧٦ ، وزود بمحرك ديزل خفيف وقوي في كل من طرفيه وبقوة ٤٥٠٠ حصان ، وهو يستطيع نقل الركاب بسرعة ٢٠٠ كلم/ س . تعمل الشركة الآن على تطوير قطار للركاب يسير بالكهرباء . وقد صمم نموذج منه ليسير بين لندن وغلاسكو عام ١٩٧٨ .

(١٣) ـ المحرك المزدوج الفعل المستخدم لتسيير قاطرة بخارية يستعمل بخارا حارا للغاية . عندما يدخل البخار الى الاسطوانة (أ) ، فانه يدفع الكباس الى الوراء ويتدفق الى الخارج . يظهر في الشكل (ب) الوضع الوسطي . في الشكل (ت) يتجه البخار الى الناحية الثانية من الكباس ويتكرر الدور . ينتقل البخار الخارج مباشرة الى الجو . وهذه الطاقة الضائعة مع تصميم المرجل البدائي تعطي هذا النوع من المحركات البخارية مردودا لا يتعدى ٨ ٪ .

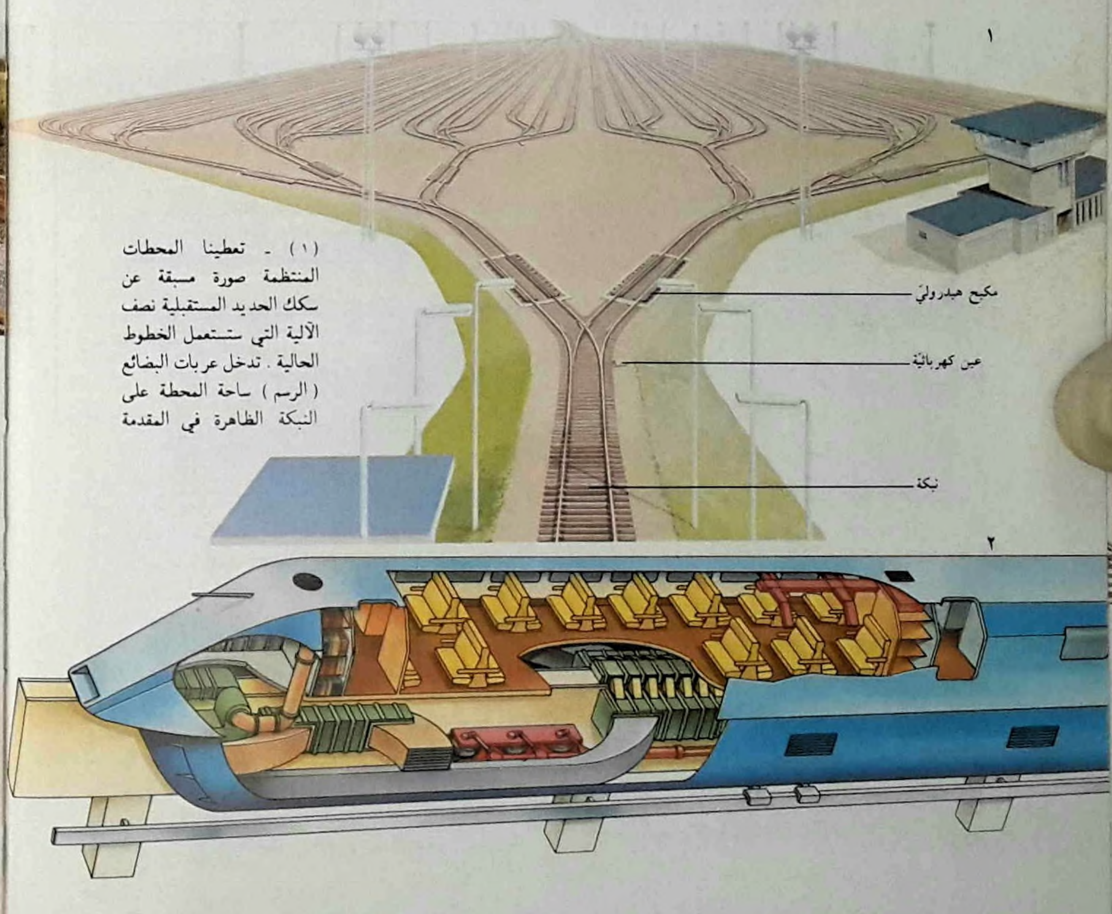
التي تكون فيها حركة السير قوية . منذ عام ١٩٥٥ ، برهنت السكك الحديدية الفرنسية على ان القطارات الكهربائية التقليدية (٩) تستطيع السير بسرعة تتعدى ٣٢٠ كلم / س ، مع ان معدل السرعة في القطارات العامة لم يرتفع الا ببطء . لكن في اليابان حقق خط توكايدو الجديد (١٠) طفرة مفاجئة في السرعة ، لانه صمم اصلا لتأمين السرعة القصوى . لا بد للقطارات ، حتى الكهربائية ، من صيانة دائمة .

محركات ديزل

في حوالى عام ١٩٢٠ ، تعمم استخدام اولى القاطرات والعربات العاملة بمحرّك ديزل والتي تسير على خطوط حديدية . يقوم هذا المحرّك على احتراق الزيت الانضغاطي ، وقد صنعه الالماني رودلف ديزل (١٨٥٨ ـ ١٩١٣) . ومع ان محركات ديزل كثيرة الضجة ، فانها تنتقل بدون ابطاء الى سرعات مرتفعة وتحول من ٢٥ الى ٤٥ ٪ من طاقة وقودها الى قوة جرّ نافعة ، لكنها نادرا ما كانت فعاليتها تتجاوز فعالية الجر البخاريّ ٨ ٪ . يمكن تشغيل محركات ديزل وايقافها بسهولة ، وهي لا تحرق الوقود الا عندما تكون دائرة ، وتستطيع ان تظل تعمل بفعالية ساعات متتابعة بدون اجهاد الآلات او ازعاج الطاقم (بعكس ما يتعرض له طاقم القاطرات البخارية من انزعاج ناجم عن وسخ السخام) . يقطع الكثير من قاطرات ديزل ما يربو على ٠٠٠ ١٦٠ كلم في السنة . وتتميز القاطرات الحديثة بانها جديرة بالثقة الى حد بعيد ومتنوعة الخدمات وفعالة نسبيا فضلا عن كونها سريعة (١١ و ١٢) .

السكك الحديدية في المستقبل

من المرجح ان السكك الحديدية في المستقبل لن تلجأ الى مبادىء جديدة كليا . بل ستكتفي بتطوير المبادىء المعروفة اليوم . لقد بنت اكثر شركات السكك الحديدية نظامها بكلّيته على نموذج كلاسيكي هو كناية عن خطين من الفولاذ من مثال معيّن تفصل بينهما مسافة متر او ١,٤٣ م أو ١,٦٨ م ، كما انها وظفت مئات الملايين من الدولارات لبناء هذه الخطوط . لذلك ليس من السهل ، في الوضع الاقتصادي الحالي الذي يشكو من التضخم المالي والمتزايد السريع في ارتفاع اسعار المواد وأجور الايدي العاملة ، ان تحصل تغييرات مهمة . لا شك انه من الممكن ، في الاماكن التي



(١) - تعطينا المحطات المنتظمة صورة مسبقة عن سكك الحديد المستقبلية نصف الآلية التي ستستعمل الخطوط الحالية . تدخل عربات البضائع (الرسم) ساحة المحطة على النبكة الظاهرة في المقدمة

لا توجد فيها سكك حديدية على الاطلاق ، ان تقتبس مبادىء جديدة ، اذ لا يؤدي ذلك الى خسارة مالية تنجم عن التخلي عن نظام موجود. اكثر الجهود تبذل اليوم لتحسين الانظمة التقليدية.

الاتجاهات المفيدة

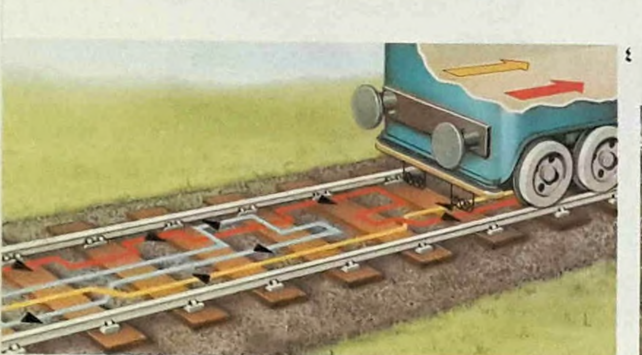
من اكثر الجهود المبذولة حتى الآن نفعا هي التي ادت الى ازالة نقاط الاكتظاظ ، والتقاطعات على المستوى الواحد ، والمنعطفات الحادة ، ومختلف انواع القيود المعرقلة لاستعمال الخطوط . ومن التحسينات الاخرى بناء الخط الحديدي بطريقة جديدة ؛ فبدلا من مد الخطوط ووضع العوارض على اساسات من حصى الرصف تتطلب مراقبة دائمة ، يبنى الخط بتجميع قطع سابقة الصنع من الاسمنت المسلح ثم وضعها مباشرة على الارض الثابتة .

هناك مجال حيوي آخر للتحسين هو التحكم الآلي بالقطارات . فقد أخذت السكك

٣



٤



وتسير على المنحدر ، فترقبها عين الكترونية وتوجهها الى الخط الصحيح . تخفف من سرعة هذه العربات ثم توقفها مكابح هيدرولية ملاصقة للخطوط تضغط على شفاف العجلات . يتحكم كومبيوتر بالعملية بكاملها .

(٢) ـ يعطي القطار الهوائي ، وهو مركبة بريطانية تسير على وسادة هوائية ، فكرة عن نوع النظام الذي يستطيع يوما ما ان يحل محل الخطوط الفولاذية . يجمع المدرج من صناديق من الاسمنت زهيدة الثمن مركبة على ركائز قصيرة . يقتصر التماس المادي الوحيد بين المركبة والمدرج على اللاقط المنزلق للتيار الكهربائي الذي يغذي المحرك الخطي . تحدث نفاخات كهربائية وسادة هوائية ترفع القطار وتسيره .

(٣) ـ لا تستطيع السكك الحديدية ان تبتعد عن شكل الخطين الموجودين حاليا والمسافة بينهما ، ولكنها في تطور مستمر للتخفيف من النفقات وبخاصة نفقات الصيانة . تستغني السكة الحديدية البريطانية ، في مقدمة الرسم ، الموضوعة على قطع من الاسمنت مصنوعة مسبقا ، عن الحصى لرصف طريقها ولا تحتاج نظريا الا الى القليل من الانتباه والعناية لعدة سنوات . في شبكة واسعة من السكك الحديدية من هذا النوع المتقدم ، يمكن توفير مبالغ من المال تفوق مجموع ما كان ينفق سنويا على الطاقة اللازمة لتسيير القطارات . لكن لا يزال امكان احداث تغيير في هذا النظام للحصول على خطوط مختلفة الشكل امرا بعيد التحقيق .

(٤) ـ استعمل التحكم الآلي بالقطارات ـ الذي يستخدم المكابح عند اقترابها من عقبة ـ على السكك الحديدية البريطانية منذ عدة سنوات . لكن هذا النظام الآلي كليا ما يزال في المرحلة الاختبارية . توضع مجموعة من الاسلاك الموصلة المتذبذبة بين خطي السكة وتكشف ملفات معلقة تحت القاطرة عن التيار الكهربائي (بواسطة الحث) ، فيسجل وجود التيار على لوحة القيادة بشكل رقم نفترض انه ١ . فعندما يجري سلك بعكس اتجاه سلك آخر ، يبطل مفعوله مفعول ذلك السلك ، فيظهر صفر على اللوحة . بهذه الطريقة تستطيع شبكة الاسلاك ترحيل سلسلة من المعلومات الرمزية بشكل مجموعة من الارقام المتعاقبة تعني مثلا « خفف السرعة الى ٥٠ كلم/س » أو « اوقف القطار بعد كيلومترين » وهلم جرا . وهكذا يتم التحكم بالقطار بطريقة آلية .

الحديدية اليوم تستعمل انظمة تحكم ومواصلات على اساس الكتروني (١) . تتضمن هذه الانظمة اشارات لاسلكية أو اسلاك ممدودة على طول الخط لتأمين اتصال القطارات مع مركز المراقبة المجهز بكومبيوتر (٤) . كذلك اصبح من الممكن آليا اطلاق القطارات ، وزيادة سرعتها بالمعدل المطلوب ، والمحافظة بدقة على سرعتها الفضلى في اي وقت كان ، وتوجيهها الى الخط المناسب ، وحملها على الاستجابة لجميع التعليمات الخاصة ، كما اصبح من الممكن ايضا ان يعرف فورا وقوع اي حادث طارىء في اي نقطة من النظام ، وان يغير الكومبيوتر برنامجه لاعطاء حركة السير تعليمات جديدة . استخدمت بعض شبكات النقل في داخل المدن منذ انشائها ، كشبكة « بارت » في سان فرنسيسكو وخط فيكتوريا في لندن ، اولى اشكال هذا النوع من التحكم ، فعملت بتجهيزات آلية تحد من دور السائق جاعلة



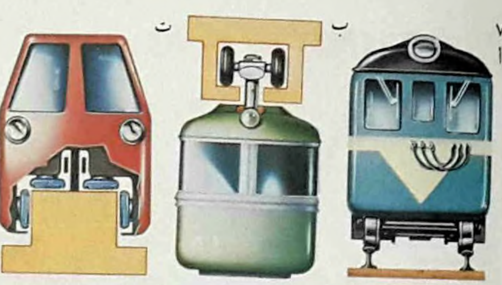
(٥) - يمكن وصل مدينة بمطار بعيد عن طريق ثلاثة انواع من السكك الحديدية ، سكة حديد سطحية عادية (تسير بالمازوت أو بالكهرباء) قادرة على تأمين المواصلات مع المدينة او مع ملتقى لخطوط حديدية اخرى ، قطار يسير تحت الارض ويستطيع الوصول الى الضواحي والى قلب المدينة ، قطار احادي السكة سريع يستطيع ان يصل المطار بالمدينة مباشرة . غير ان الخط الذي يسير تحت الارض هو وحده ما يمكن بناؤه دون احداث تشويش ذي شأن في الابنية القائمة .

(٦) - تشمل الفكر المستقبلية ، التي لم تصل بعد حتى الى المرحلة التجريبية ، القطار الخوائي ونظام الانبوب الهوائي . من شأن القطار الخوائي (أ) ان يمتصه ضغط

منه راكبا عاديا يكتفي بمراقبة سير الأمور .

عجلات تعداها الزمن

تضمنت التطورات الجذرية في الربع الاخير من هذا القرن ازالة العجلات ، فاصبحت لدينا مركبات سريعة تسير على مدارج ملساء محمولة على وسادة هوائية او مرفوعة بقوة مغنطيسية (٧) . مع ان كلا من الطريقتين يتطلب استهلاكا للطاقة ـ للقيام بما تقوم به







الهواء الضعيف امامه ، وان تساعد الجاذبية على تسريعه او ابطائه لأن النفق ينحدر بقوة من المحطة الأولى ويسير صعدا نحو المحطة الأخرى (ب) . يكون نفق قطار الأنبوب الهوائي (ت) مليئا بالهواء ، وتؤمن مساند الوسادة الهوائية بقاء القطار في الوسط .

---

(٧) ـ هناك عدة انواع من السكك الحديدية ما تزال قيد الاستعمال . اكثر السكك الحديدية في العالم هي من النوع الثنائي القضبان المتوازية (أ) المصنوعة من الفولاذ . يوجد احيانا في المدن خط احادي السكة تكون الحافلات فيه راكبة فوقه او معلقة فيه (ب) . يدعي انصار القطارات التي تسير على وسادة هوائية

(ت) ان المدارج المصنوعة من صناديق الاسمنت المسلح اقل كلفة . من احدث النظم هو النظام الذي يستعمل الرفع المغنطيسي (ث) لحمل القطار . لقد جربت نماذج من جميع هذه الانواع ، لكن هناك عدة نماذج مستقبلية لا وجود لها الا على الورق . لذلك لا يستطيع احد التكهن بما ستكون عليه السكك الحديدية بعد ٢٥ سنة .

العجلات مجانا ـ فان القطار بلا عجلات يسير بسرعة تفوق بكثير سرعة القطار بعجلات ويحتاج الى مدرج اقل كلفة . فبالحؤول دون اي تماس بين القطار والمدرج تزول عمليا الحاجة الى الصيانة ـ او على الاقل يؤمل ان تزول ـ . كذلك لن يكون هناك ضجيج باستثناء ما يحدثه اندفاع الهواء وراء المركبة . كما ان القدرة الوحيدة الضرورية لتسيير القطار بالسرعة العادية يصبح القدرة اللازمة لمقاومة الهواء .

من الحاضر الى المستقبل

لا يعود تاريخ طريقة الرفع المغنطيسي الى ما قبل عام ١٩٦٨ ، وتعمل الآن عدة انظمة منه على مسافات قصيرة تجريبية . تتميز هذه الطريقة اساسا بأن المجال المغنطيسي ذاته يستخدم فيها لرفع القطار (الذي يتألف على الارجح من مركبة واحدة) ولدفعه معا . تستعمل مغانيط مفرطة الموصلية لتوفير استهلاك التيار الى اقصى حد ممكن . للمستقبل البعيد ، هناك عدد من الامكانات الهائلة . مما لا شك فيه ان اكثر الاختراعات نفعا ، واشدها اثارة واقلها حظا في ان ترى النور في مستقبل قريب ، سيكون القطار الذي يسير تحت الارض بقوة الجاذبية (٦ أ) . لنفترض نفقا يصل مثلا بين لندن ونيويورك ، فالقطار الموضوع في النفق يسير في البدء هابطا نحو منتصف الطريق ، واذا كان النفق ، فضلا عن ذلك ، فارغا من الهواء ، فسرعة القطار ستبلغ عدة آلاف من الكيلومترات في الساعة في منتصف طريقه عندما يبدو انه يسير على ارض مستوية ، ثم يتابع سيره صعدا حتى يصل الى المكان المقصود (دون ان يستهلك الا الطاقة التي يحتاجها لتفريغ الهواء) .

تاريخ الطيران

خلافا للاعتقاد الشعبي ، لم يكن أورفيل رايت (١٨٧١ ـ ١٩٤٨) واخوه ويلبور (١٨٦٧ ـ ١٩١٢) أول من بنى سفينة هوائية قادرة على الطيران . فأوتو ليلينتال (١٨٤٨ ـ ١٨٩٦) في المانيا ، مثلا ، كان قد طار قبلهما مئات المرات بطائرته الشراعية . لكن المنزلة التي احتلها الاخوان رايت في التاريخ تعود الى ان طائرتهما كانت في عام ١٩٠٣ أول آلة اثقل من الهواء تطير وهي مجهزة بمحرك ويمكن التحكم بها .

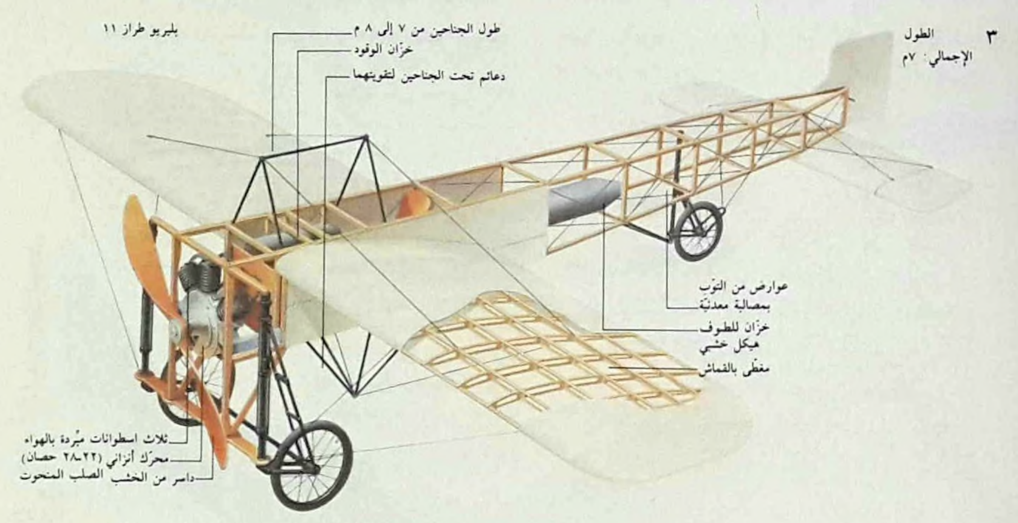
لويس بليريو رائد الطيران

بعد الأخوين رايت ، كان لويس بليريو (١٨٧٢ ـ ١٩٣٦) اكثر من اسهم في تقدم



الطيران . فقد ادخل عددا من التحسينات على تصميم الطائرة ، منها المروحة الدافعة والجناح الوحيد (الطائرة الاحادية السطح) والدفة والجنيحة الرافعة في مؤخرة الطائرة . وقد احرزت طائرته نموذج رقم ١١ شهرة عالمية عندما طارت من فرنسا الى انجلترا في ٢٥ تموز عام ١٩٠٩ . وكمثل جميع الآلات الطائرة تقريبا في ذلك الحين ، كانت هذه الطائرة ذات بنية مختلطة . فقد كانت اعضد جناحها القصير واضلاع جسمها الطويل مصنوعة من خشب الدردار ، كما كانت البنية بكاملها مطوقة بأسلاك عديدة . وكان بليريو ، على غرار الاخوين رايت ، يكسو السطح العلوي من الاجنحة بالقماش ، فيما كان كثير من مصممي الطائرات لا يستعملون الا سطحا واحدا من القماش مشدودا على الجهة العليا من الجناح .

في عام ١٩١٢ ، صنع ديبردوسين ، مستفيدا



(١) - ادخلت على طائرات دوغلاس في الثلاثينات عدة تحسينات جديدة . فالطائرة (د سي - ١) ، التي قامت بأول طيران في ١ تموز عام ١٩٣٣ ، كان لها غلاف خارجي من الألومينيوم المشدود وجهاز هبوط قابل للانطواء ورفارف رافعة ومراوح تتكيف مع مجرى الريح وشكل انسيابي . جاءت بعدها (د سي - ٢) التي تفوقها سرعة ، ثم في عام ١٩٣٥ (د سي - ٣) التي كانت اكبر حجما واسرع من سابقتيها . كان طائرة (د سي - ٣) اكثر الطائرات امانا واقلها كلفة ، كما كانت اكثرها استعمالا في الماضي (صُنع منها ١٠٩٢٦) ، ولا تزال تطير في العالم بأسره حتى الآن .

---

(٢) - صنع هوغو يونكرز ، لسلاح الجو الالماني خلال الحرب العالمية الاولى ، طائرات حربية معدنية كليا بغلاف من الالومينيوم المموج . بعد ذلك ، اصبحت طائرات يونكرز للنقل مشهورة ، وكانت اروعها طائرة يونكرز (٥٢ / ٣ م) التي طارت للمرة الاولى عام ١٩٣٢ . حتى عام ١٩٤٥ ، ظلت هذه الطائرة اهم ناقلة جوية في اوروبا . وتشكل ٨٥ ٪ من اسطول لوفتهنزا الجوي الضخم . ومنذ عام ١٩٤٠ ، اصبحت الناقلات الرئيسية لدى سلاح الطيران الالماني الذي حصل على اكثر من ٣٠٠٠ طائرة من اصل ٣٢٣٤ طائرة .

(٣) - اطلق لويس بليريو طائرته الاولى عام ١٩٠٧ ، لكنه احرز اكبر نجاح له مع نموذج (١١) . ساعده في ذلك وابل من المطر انقذ محركه من فرط الحرارة . اذ كان يطير من كاليه في فرنسا الى دوفر في انجلترا . كان اول من عبر البحر في طائرة . وكانت رحلته اول رحلة دولية . وخلال يومين من رحلته هذه ، تلقى بليريو طلبات لاكثر من ١٠٠ طائرة من النموذج (١١) .

من بحوث نشرت في سكندينافيا ، طائرة سباق ذات هيكل احادي الغلاف جاءت قويّة وخفيفة وذات شكل انسيابي جديد . كان جسمها مصنوعا من عدد كبير من قشور رقيقة من خشب التوليب مغرّاة ومغطّاة بقماش مطلي بالدمام . كان للعدد الاكبر من المئة الف طائرة التي صنعت خلال الحرب العالمية الاولى البنية الخشبية التقليدية المصنوعة من الخشب المطوق باسلاك . لكن البدن الاحادي الغلاف راح يتطور تدريجيا ، ووجد في المعدن تعبيرا جديدا له . فقد اصبح لبعض الطائرات الحربية الاولى من سلسلة فوازان (ل) بنيات معدنية كليا ، فكان بعضها مصنوعا من انابيب فولاذية ملحومة او مبرشمة او مثبتة بالبراغي ، وبعضها الاخر مصنوعا من أشابة الالومينيوم الجديدة المعروفة بالديورالومين .

جاء العدد القليل من الطائرات التي

(٤) - تركز الاهتمام بالطيران بين الحربين العالميتين على سباق كلْس شنايدر للطائرات المائية . ولم يمر زمن طويل عليها حتى أصبح التنافس مكلفا لدرجة ان الفرق الوطنية (اي القوات الجوية) وحدها كانت قادرة على الاشتراك في المباراة . في عام ١٩٣١ ربحت السباق طائرة (س - ٦ ب) البريطانية التي كان لها تأثير في تصميم طائرة السبيتفاير . غير ان النصر كان مرجحا لطائرة مكّي (م سي - ٧٢) ، لو انجزت في الوقت المناسب ، ومع ذلك فقد فازت ، في عام ١٩٣٤ ، برقم قياسي عالمي كان اعلى من الرقم القياسي العالمي الذي كانت قد فازت به في العام السابق بسرعة تكاد تبلغ ٧١٠ كلم / س .

---

(٥) - يظهر ضعف الطائرات الاولى وصغرها اذا ما قورنت بطائرات جمبو النفاثة العصرية . كان هذا التطور الى حد ما محتوما ، واصبح ممكنا بفضل التحسينات الضخمة في قوة الدفع وفي المطارات . فحتى طائرات يونكرز (٥٢ / ٣ م) (و د سي - ٣) كان عليها ان تعمل على مطارات صغيرة ووعرة ومكسوّة بالعشب . لكنها حققت في الثلاثينات خير حلّ وسط ممكن بين المطالب المتضاربة ، تماما كما فعلت طائرات الجمبو اليوم .

صممها في مدة الحرب هوغو يونكرز (١٨٥٩ ـ ١٩٣٥) ليس بهيكل معدني كليا فحسب ، بل كان سطحها الخارجي ايضا من المعدن . وفي عام ١٩١٩ ، انتج يونكرز طائرته (ف ـ ١٣) التي كانت اول طائرة احادية السطح ومعدنية كليا تستعمل للتجارة . لم يكن الجناح المركب تحت جسم الطائرة مشدودا بدعائم او باسلاك ، بل كان كالهيكل مكسوا بصفائح من الدورالومين لها تمويجات في مقدمتها وفي مؤخرتها لاعطائها المتانة الكافية . من هذا النموذج تحدرت تلك الاسرة من وسائل النقل التي راجت في جميع انحاء العالم واشتهرت منها خصوصا يونكرز (٥٢ / ٣ م) التي كانت في الثلاثينات رائدة الطيران الاوروبي

لكن أسرة الطائرات الوحيدة التي تمكنت من منافسة طائرات يونكرز الاحادية السطح والمعدنية كليا كانت اسرة طائرات شركة فوكر الهولندية . فقد كانت هذه الطائرات احادية السطح ايضا . ولكن اجنحتها الخشبية الخفيفة كانت مركبة فوق البدن المصنوع من انابيب فولاذية ملحومة ومغطاة بالقماش . لقد سيطرت هاتان الشركتان على الطيران الاوروبي حتى منتصف الثلاثينات .

كأس شنايدر

طوال العشرينات ، أنفق الكثير من العناية والمال على مباراة كأس شنايدر ، وهي سباق دولي لطائرات السبق المائية . كانت تشترك في هذا السباق طائرات مائية بدلا من الطائرات العادية . لأن جاك شنايدر كان يعتقد ان خطوط الطيران المائي ستلعب دورا كبيرا في حركة الطيران الدولية في المستقبل .

لم يثر هذا السباق اهتمام الجمهور فحسب ، بل أثر تأثيرا عميقا على الاتجاه السائد في تصميم الطائرات . الذي أثّر فيه ايضا استمرار التقدم التقني للطيران لا سيما في الولايات المتحدة .

طائرات دوغلاس

كانت اولى طائرات نقل المسافرين الحديثة طائرة بوينغ (٢٤٧) لعام ١٩٣٣ . وفي السنة ذاتها ، انتج دوغلاس طائرة (د سي ـ ١) التي لم يصنع منها الا طائرة واحدة ، وحصل على طلبات لطائرة (د سي ـ ٢) المحسنة بعض الشيء . وفي عام ١٩٣٤ ، نظمت بريطانيا سباقا جويا من لندن الى ملبورن باستراليا ، فنالت جائزة السرعة طائرة سبق خاصة فارغة ، لكن كانت الجائزتان الثانية والثالثة من نصيب طائرة (د سي ـ ٢) وطائرة بوينغ (٢٤٧) . وفي ١٧ كانون الأول عام ١٩٣٥ ، وهو الذكرى الثانية والثلاثين لأول طيران قام به الاخوان رايت ، اطلق دوغلاس طائرته (د سي ـ ٣) التي اصبحت في السنوات العشر التالية الطائرة العالمية النموذجية لنقل الركاب ، كما اصبحت الطائرة النموذجية للنقل عند الحلفاء خلال الحرب العالمية الثانية . صُنع منها حوالى ١١٠٠٠ طائرة في الولايات المتحدة وفي الاتحاد السوفييتي ، وما يزال العدد الكبير منها مستعملا حتى اليوم ، وقد طار بعضها دون ان تتحطم او تشكو من انهاك في بنيتها ما لا يقل عن ٨٠٠٠٠ ساعة ، بينما لم يطر قبل ذلك سوى القليل من الطائرات اكثر من ١٠٠٠ ساعة طيران .

المناطيد ومناطيد المراقبة والمناطيد الموجّهة

عندما فكر الانسان البدائي بالطيران ، كان يتصور عادة « آلات طائرة » تشبه طيورا اصطناعية . وقبل اكثر من قرن من ظهور التقنات التي تجعل الطيران بهذه الطريقة ممكنا ، ظهرت في فرنسا ، بشكل مفاجىء ، طريقة للطيران مختلفة كل الاختلاف ، تستخدم المناطيد عوضا عن ذلك ، وسميت « طيرانا اخف من الهواء » . المناطيد عوامات جوية تطفو في الهواء على علو معيّن يتوقف على كتلتها وعلى الجو المحيط بها كما يتوقف على كمية الهواء التي تشغل مكانه .

صنع المناطيد

تعود الى القرون الوسطى فكرة صنع

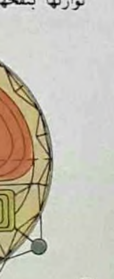
١

٢

U.S. NAVY • C-7

٣

NORGE N1



(١) ـ كان فرديناند فون زيبلين (١٨٣٨ ـ ١٩١٧) اول من اطلق المنطاد الجاسىء الذي حمل اسمه . طارت سفينته الاولى (ل ز ـ ١) عام ١٩٠٠ وتلتها سلسلة كاملة كان بينها هذا المنطاد (ل ز ـ ١٣) لعام ١٩١٢ الذي بلغ طوله ١٤١,٥ م وقطره ١٣,٨ م والذي كان يستطيع حمل اكثر من ٦ اطنان من الركاب والبضائع . قامت هذه السفينة ، المسماة هنا ، بحوالى ٤٠٠ رحلة ، ونقلت اكثر من ٨٠٠٠ راكب على مسافة ٤٥٠٠٠ كلم . اوصت البحرية المائية على (ل ز ـ ١٤) الذي صنف مجددا (ل ـ ١) . كذلك استعمل الجيش الالماني بعض المناطيد التجارية واستخدمها في الحرب العالمية الاولى للاستكشاف والقاء القنابل .

(٢) ـ لجميع المناطيد غير الجاسئة غلافات لدنة يتأمن توازنها بنفخها الى ضغط يفوق

٤



منطاد من مادة خفيفة تُملأ غازا أقل كثافة من الهواء . ففي عام ١٦٧٠ ، وضع فرنسيسكو دي لانا تصميما لسفينة هوائية ترفعها ٤ كرات من النحاس تفرّغ من الهواء (وكان يجهل ان الكرات التي تقيها متانتها من التقوّض هي اثقل بكثير من كتلة الهواء التي تزيحها) . في القرن التالي ، اصبح المنطاد اقرب الى التحقيق بعد اكتشاف الغاز الذي نسمّيه اليوم بالهيدروجين وهو أخف جميع العناصر . وقد فكر الكيميائي البريطاني جوزف بلاك (١٧٢٨ - ١٧٩٩) ، بعد دراسته للهيدروجين ، في صنع منطاد يملأ بهذا الغاز . ولكنه على الأرجح لم يحاول امتحان تلك الفكرة بوضعها موضع الاختبار والتجربة .

بعد ذلك بسنوات قليلة ، اي عام ١٧٨٣ ، لفت نظر صانعي الورق في فرنسا ، جوزف مونجولفيه (١٧٤٠ - ١٨١٠) واخاه اتيان (١٧٤٥ - ١٧٩٩) ان شظايا الورق المتفحمة

٦



قليلا ضغط الجو المحيط بها . تُعلّق الحمولة بمجموعة من الحبال او الاسلاك تتقاسم الثقل حول الغلاف القماشي . يعود منطاد الاستكشاف البحري المرسوم هنا الى عام ١٩١٣ ، لكنه شديد الشبه بكثير من المناطيد التي استعملت في الحرب العالمية الثانية . وما تزال مناطيد شبيهة به مملوءة بغاز الهيليوم غير القابل للاشتعال تستعمل حتى اليوم .

بعضها للاعلانات تحمل مجموعات ضخمة من الانوار لعرض الشعارات او الصور ، وبعضها لنقل البضائع .

(٣) - المناطيد نصف الجاسئة نادرة الوجود . غير ان النورج كان واحدا من سلسلة ايطالية نالت شهرتها بالقيام برحلة الى القطب الشمالي في شهر ايار من عام ١٩٢٦ . لم تكن هناك بنية جاسئة داخل غلاف الغاز ، بل صالب جاسىء ممتد من المقدمة الى المؤخرة ، ويستعمل كهيكل يمكن تعليق اي شيء عليه . وكانت تمتد من الصالب الى فوق حبال واسلاك لوقاية الغلاف وحفظ شكله وتمكينه من رفع السفينة بكاملها . تحت الصالب كانت هياكل مقواة بالشُكل تأوي



حجرة القيادة وكَنّة المحرك .

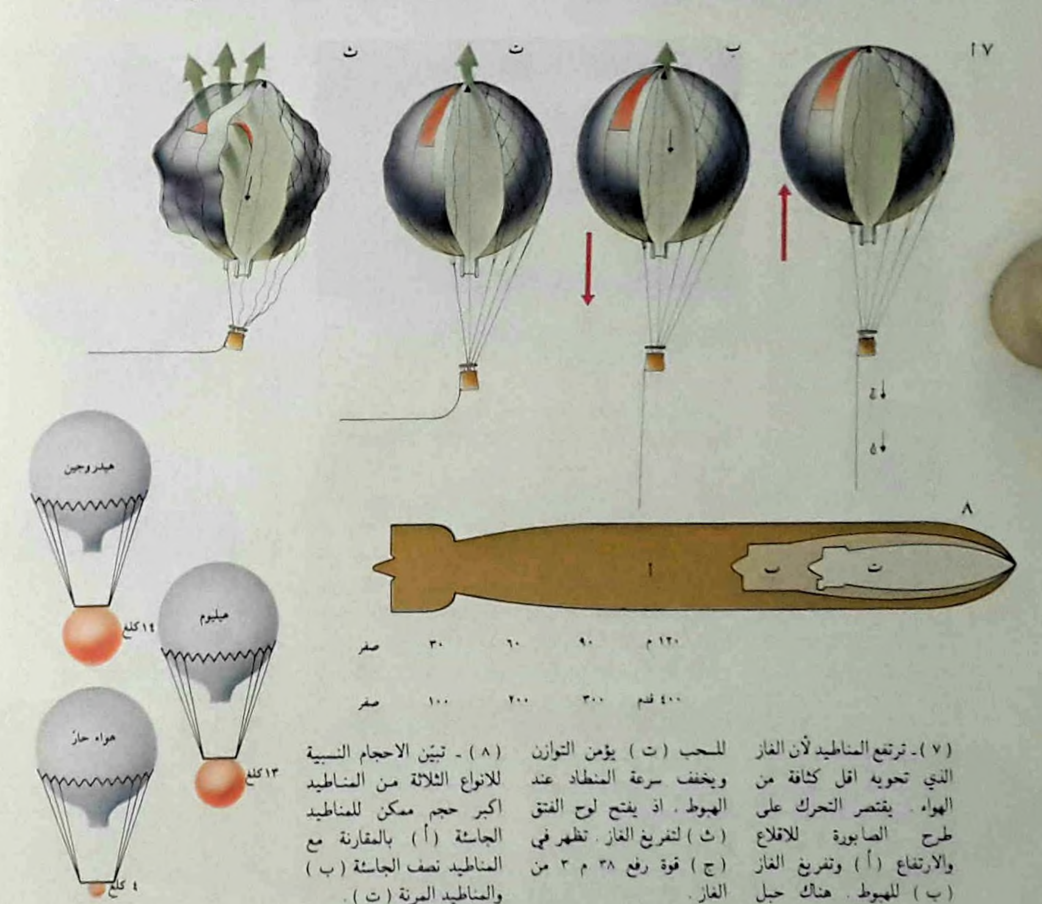
(٤) - كان للمناطيد الجاسئة هيكل فيه سلسلة من الاكياس المليئة بالغاز الرافع . اضخم المناطيد التي صنعت ، هندنبورغ (ل ز - ١٢٩) الالماني (١٩٣٦) وغراف زيبلين (ل ز - ١٣٠) (١٩٣٨) . كان كل منهما يحوي ٢٠٠,٠٠٠ م ٣ من الهيدروجين في اكياس للغاز (١) تعطي حوالى ٢٣٢ طنا من الرفع . كانت الاكياس موضوعة داخل هيكل من الالومينيوم (٢) تتدلّى منه محركات ديزل الاربعة (٣) التي كانت قوة كل منها ١٠٥٠ حصانا . وكانت الحمولة الصافية (٤) مؤلفة من ٥٠ راكبا و ١٢ طنا من البضائع والبريد . احترق الهندنبورغ في الولايات المتحدة عام ١٩٣٧ ، على اثر انفجار .

(٥) - تم اول ارتفاع للانسان بالمنطاد في ٢١ نوفمبر عام ١٧٨٣ عندما قطع رجلان مسافة ٨ كلم فوق باريس . ارتفعا عاليا واقفين في سلة من القصب المجدول معلقة بالغلاف المزين لاكبر منطاد للاخوين مونغولفيه منفوخ بالهواء الحار . كان الغلاف مصنوعا من القماش المبطن بالورق والمطلي بالشبّة للحد نوعا ما من خطر الاشتعال . وكان علو المنطاد ١٥ م ووزنه الكامل ٧٨٥ كلج ، وحجم الهواء في الداخل حوالى ٢٢٠٠ م ٣ . وكان يُسخّن بكمية ضخمة من القش الموجود في شبكة من الاسلاك المتصالبة في وسط السلة .

(٦) - سكايشيب مشروع لنوع جديد من مناطيد نقل البضاعة . لقد عرض هذا النموذج المصغر وقطره ١٠ م عام ١٩٧٥ في بريطانيا . سيكون طول المنطاد الحقيقي ٢١٥ م وستبلغ سرعته حوالى ١٦٠ كلم / س . ويتألف طاقمه من ٢٤ شخصا مع حمولة ٤٠٠ طن .

تتطاير لولبيا فوق النار . فتساءلا عن سبب ارتفاع هذه الشظايا . وبفضل حذقهما في استعمال الورق صنعا مناطيد صغيرة تقلع وترتفع في الهواء عندما تُملأ بالهواء الحار . وفي ٤ حزيران من عام ١٧٨٣ ، طيَّرا على مرأى من الجماهير منطادا قطره ١١ م مصنوعا من القماش المغلف بالورق فارتفع الى علو حوالى ١٨٣٠ م .

بدا هذا المنطاد للناس يومناك حدثا مثيرا . لكن في تلك الاثناء كان جاك شارل (١٧٤٦ - ١٨٢٣) يعمل على صنع منطاد ينفخ بالهيدروجين ، بينما كان الاخوان مونغولفيه يصنعان منطادا ينفخ بهواء حار تغذيه نار تحته ويكون قادرا على حمل انسان . وفي ١٥ اكتوبر عام ١٧٨٣ طار بيلاتر دي روزيه عاليا في المنطاد المقيّد ، ثم قام ، بعد ذلك بخمسة اسابيع (٥) ، مع المركيز دارلاند ، بأول رحلة جوية في التاريخ ،



(٧) - ترتفع المناطيد لأن الغاز التي تحويه اقل كثافة من الهواء . يقتصر التحرك على طرح الصابورة للاقلاع والارتفاع (أ) وتفريغ الغاز (ب) للهبوط . هناك حبل للسحب (ت) يؤمن التوازن ويخفف سرعة المنطاد عند الهبوط ، اذ يفتح لوح الفتق (ث) لتفريغ الغاز . تظهر في (ج) قوة رفع ٣٨ م ٣ من الغاز .

(٨) - تبيّن الاحجام النسبية للانواع الثلاثة من المناطيد اكبر حجم ممكن للمناطيد الجاشئة (أ) بالمقارنة مع المناطيد نصف الجاشئة (ب) والمناطيد المرنة (ت) .

فقطعا مسافة ٨ كلم بريح خفيفة في مدة ٢٥ دقيقة. وفي الاسبوع التالي (اول ديسمبر ١٧٨٣)، قام منطاد شارل المنفوخ بالهيدروجين برحلة يقودها انسان.

استخدام المناطيد والسفن الهوائية

كان من الطبيعي ان يرغب ملاحو الجو في البحث عن طريقة نقل تحرّرهم من تحكم الريح. فحاول بعضهم استخدام المقاذيف. وجرب غيرهم مراوح تحرك باليد. ولكن لم تصبح السفينة الهوائية مركبة حقيقية حتى اخترع هنري جيفار (١٨٢٣ - ١٩٢١) في عام ١٨٥٢ منطادا يسير بالبخار. كانت مادة المناطيد البخارية الاولى مرنة، اي غير جاسئة (٢). فقد كان غلافها من القماش المرن تتدلى منه الحمولة بحبال. ثم جاءت سفن الجو نصف الجاسئة (٣)، فكان لها صالب صلب. اما النوع الجاسىء (٤)، فكان يبنى غلافه بكامله حول هيكل صلب. كانت جميع هذه المناطيد قد بلغت غاية تطورها عند نشوب الحرب العالمية الاولى وقامت جميعها بادوار رئيسية.

يتوقف عمل جميع انواع المناطيد على التوازن بين كتلتها والهواء الذي تشغل مكانه. ففي المناطيد والسفن الجوية الاخرى المنفوخة بالغاز يتم الهبوط عادة بتصريف الغاز من الغلاف، ويتم الاقلاع والارتفاع برمي اثقال من الماء او الرمل. وتستطيع المناطيد ايضا، في الطيران التطوافي، تغيير اتجاهها او ارتفاعها باستخدام اجهزة قيادة ديناميكية هوائية في الذيل. لكن هذه الاجهزة ليست فعّالة في السرعات البطيئة. اما في المناطيد المنفوخة بالهواء الحار، فيتوقف الارتفاع على الفرق في درجات الحرارة بين الهواء في داخل الغلاف والهواء في خارجه.

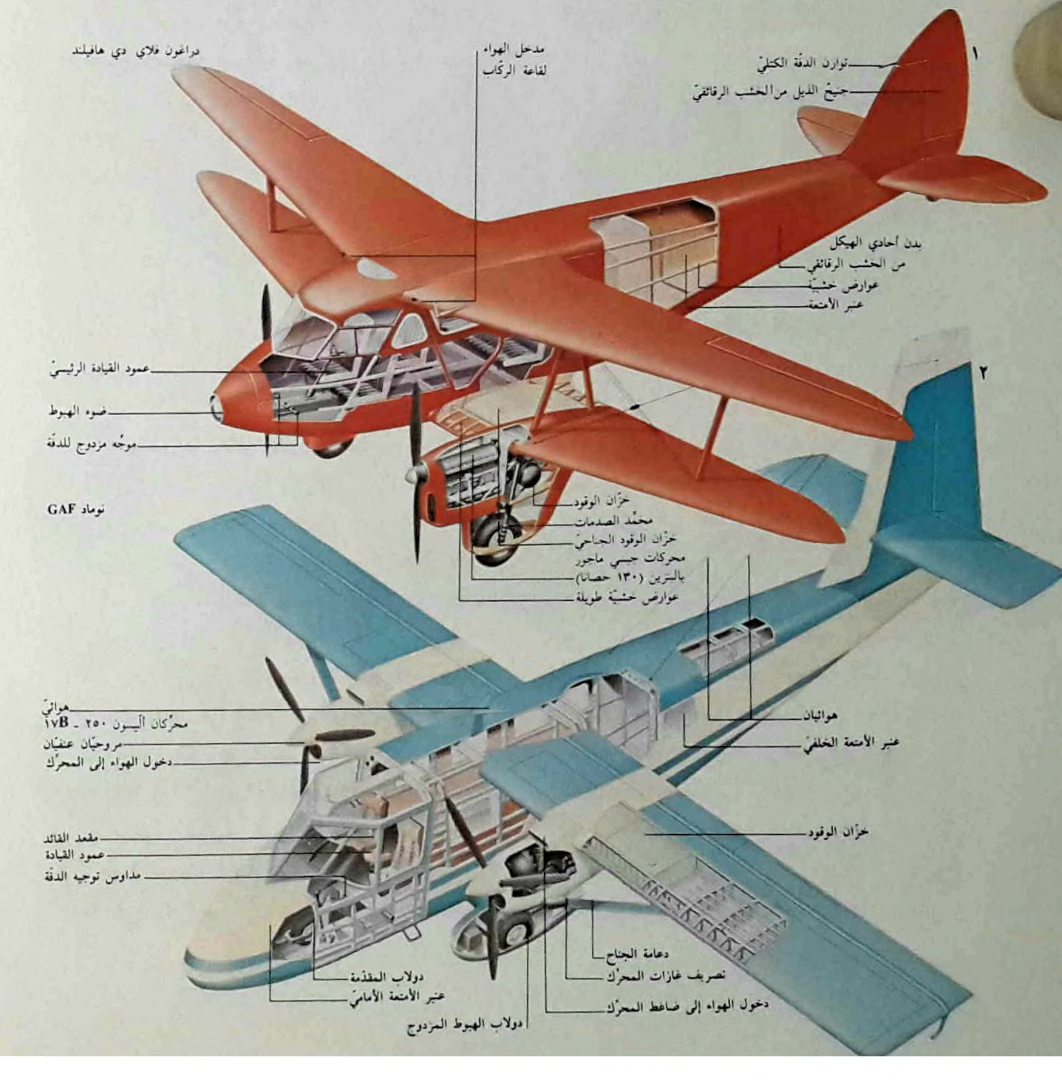
مستقبل السفن الهوائية

عند بداية الحرب العالمية الثانية كان عهد السفن الهوائية الكبرى قد انقضى، بعد ان وضعت حدا له سلسلة من الكوارث التي حلّت ببعض تلك السفن، والتي كان من آخرها احتراق المنطاد الالماني هندنبورغ (٤) عام ١٩٣٧ ومقتل ٣٦ شخصا من جراء ذلك. لكن مناطيد السدود الجوية ومناطيد المراقبة الصغيرة لا تزال قيد الاستعمال، مع انه لم يبق بعد عام ١٩٤٥ الا العدد القليل من انصار المناطيد الرياضية المنفوخة بالهيدروجين. غير ان الوضع تبدل بعد عام ١٩٦٥، اذ اصبحت المناطيد المنفوخة بالهواء الحار تدريجيا اكثر المناطيد مبيعا في العالم، حتى غدا يباع منها اليوم عدة مئات في السنة.

من المسلّم به من جديد ان السفن الهوائية يمكن استخدامها كناقلات للبضائع، ويقوم المهندسون في جميع انحاء العالم اليوم بوضع تصاميم لانواع جديدة من السفن الهوائية تكون قادرة على نقل مئات وآلاف الاطنان من البضائع بأمان وبتكاليف زهيدة. ومن الممكن ان تصبح السفن الهوائية لنقل البضائع - وما يدعى بالسكايشيب (٦) سفينة السماء نموذج عنها - حقيقة راهنة قبل نهاية هذا القرن. وقد يتجلى نفعها بنوع خاص في اتاحة الفرصة للبلدان النامية لنقل صناديق الشحن الواسعة وحتى الحمولات الكبيرة الاخرى مباشرة عبر مسافات شاسعة.

الطيران الحديث

احدث اختراع المحرك ذي العنفة الغازيّة في اواخر الحرب العالمية الثانية ثورة في تصميم الطائرات . فقد تحسنت الطائرة الخفيفة ـ مع انها كانت متحدرة عن النماذج السابقة ـ تحسنا فائقا على اثر تجهيزها بمحركات عنفية ، كما تحولت الآلات الاكثر تطورا كطائرات الركاب وطائرات الشحن وعمليا جميع الطائرات والطائرات العمودية الحربية ـ تحوّلا كبيرا . طبعا ، لم تتغير المبادىء الاساسية التي عليها يقوم الرفع الذي تؤمنه الاجنحة ، والتحكم ، ونسبة الرفع الى المقاومة ، وتصميم البنية . لكن الجهود لصنع اجهزة تحكّم وقيادة وتوجيه تكون اكثر فاكثر تطورا وتعقيدا استمرت لا بل تزايدت لدرجة



ان تكاليف هذه الاجهزة وحدها اصبحت تبلغ اكثر من نصف تكاليف الطائرة .

روّاد السرعة

تصح هذه المعادلة الغريبة حتى في الطائرات التي كانت الشركات او الافراد الاغنياء يقتنونها لاستعمالهم الخاص . ففي الثلاثينات ، سجلت برسيفال غُلّ وفيغا غُلّ عدة ارقام قياسية في الطيران الطويل المدى ، فكرستا بذلك لسنوات عديدة الثقة بهما كطائرات خاصة وطائرات خفيفة للأعمال . كانت هذه الطائرات الاحادية السطح ، الطويلة الجناحين ، الرشيقة القد ، مصنوعة كليا من الخشب ، ومجهزة بمحركات تبرّد بالهواء قوتها من ١٣٠ الى ٢٠٠ حصان ، وتحمل ثلاثة أو اربعة اشخاص يجلسون في حجرة مريحة ومقفلة . وكانت من الطائرات الاولى التي تستطيع القيام بطيران طويل

٣

جميع مقاعد الركّاب في المقصورة الرئيسيّة على مستوى واحد (مبدئياً من ٣٣٠ إلى ٤٩٠ راكباً)

داخل مضغوط من ٠,٥٤ إلى ٠,٦٠ سم٢/كلغ فوق الضغط الخارجي

سطح الذيل الأفقيّ (٢٢,٢٠م)

جهاز الهبوط ينضمّ مائياً : مجموعتا تشغيل اماميتان تنطويان الى الأمام . أربعة دواليب هبوط رئيسية (اثنان ينطويان الى الداخل واثنان الى الأمام)

رفارف سطوح إنسيابيّة

بوينغ ٧٤٧

عشرة رفارف ذات حافّات أماميّة متغيّرة

رفارف الحافّة الخلفيّة الثلاثيّة الشقوق

أربعة محرّكات عنفيّة برات وهويتني JT ٩ D، جنرال إلكتريك CF ٦ - ٥٠ او رولزرويس RB ٢١١ (لكلّ محرّك ٢٠٠٠ إلى ٢٤٠٠ كلغ من الدفع)

رفارف كروغر ذات ثلاث قطع

مركز القيادة

مقدّمة تنفتح بكُليتها

التزويد بالوقود (اكثر من ١٩٣٠٠٠ ليتر)

(١) ـ كانت الكلفة المنخفضة ذات اهمية كبرى في نظر صانعي الطائرات ، لكنها كانت تحول دون التجديد في التقنية . كانت طائرة دي هافيلند دراغون فلاي الخشبية ، التي بيعت لأول مرة عام ١٩٣٦ ، تنقل ٥ ركاب بسرعة ٢٠٠ كلم /س على مسافة ٩٦٦ كلم ، وكان ثمنها دون ثمن سيارة حديثة باربعة ابواب . لا تختلف الطائرات الخفيفة الحديثة عنها الا ببعض التفاصيل ، كتصميم اسطوانات المحرك مثلا . ومن الآن حتى عام ١٩٩٠ قد تكون الطائرة الخفيفة ذاتها مجهزة بمحرك عنفي .

---

(٢) ـ بدّلت التقنية الحديثة النماذج الكبيرة من الطائرات الخفيفة . فهذه الطائرات باهظة الثمن بالنسبة الى الافراد ، ولم يعد يستعملها عادة الا الشركات ولم يعد يقودها سوى المحترفين من الطيارين . فطائرات جاف نوماد (٢٢) الاسترالية مجهزة بمحركين مروحيين عنفيين ، وتنقل ١٣ راكبا في شروط من الرفاهية الممتازة ، وتطير بسرعة ٣٥٠ كلم / س لمسافة تبلغ ٩٣٠ كلم

---

(٣) ـ طارت طائرة بوينغ (٧٤٧) للمرة الاولى عام ١٩٦٩ ، وكانت اكبر طائرة ركاب مدنية . ومن بعض النواحي ، اضخم طائرة قيد الاستعمال . كانت طائرة الشحن الحربية جلاكسي (سي ـ ٥ أ) اكبر منها قليلا ، ولكنها اخف منها واضعف قوة . وقد ساعد اقتصاد الوقود في المحركات المروحية العنفية على الحد من ارتفاع اسعار السفر على الرغم من ارتفاع سعر الوقود الحاد . تطورت طائرة (٧٤٧) تلبية للحاجة الى المزيد من عمليات النقل ، لكنها لم تزد في ازدحام خطوط الطيران .

المدى الى انحاء بعيدة من العالم مع بعض الاطمئنان بالوصول سالمة ، ولكن من الصعب جدا المقارنة بينها وبين الطائرات الحالية المماثلة لها التي اصبحت مليئة بمختلف انواع الادوات . ذلك ان المنافسة القوية اصبحت تقضي بان تتحسن الطائرات الحديثة وتتجدد باستمرار ، مما ادى الى انتاج طائرات افضل واكثر جدارة بالثقة كالبيتشكرافت سوبر كنج (٢٠٠) المكيّفة الضغط .

ظهور طائرات الكوميت ١

عندما ظهرت الكوميت (١) البريطانية عام ١٩٥٢ ، ظنت اكثر شركات الطيران انها جاءت سابقة لأوانها ، وظلت الطائرات المجهزة بمحركات ذي كباسات رائجة لمدة بعد ذلك . لكن الطائرات النفاثة الجديدة قدمت لركابها تجربة جديدة كليا ، وهي طيران لم يكن اسرع فحسب ، بل كان ايضا ناعما ومريحا . مع ذلك ، لم تثر الطائرات

(٤) - تمثل الكونكورد الانجلو فرنسية ومنافستها المباشرة توبوليف (١٤٤) السوفييتية الخطوة التالية لطائرات الركاب السريعة . تستطيع هاتان الطائرتان اختصار الوقت الذي كان يتطلبه سابقا الانتقال بين مكانين متباعدين الى النصف ، كما اختصرته الكوميت عام ١٩٥٢ . تعرضت الكوميت لكثير من الانتقادات ذاتها التي تتعرض لها الكونكورد اليوم . غير ان العوامل السياسية والاكلاف الباهظة والمشكلات البيئوية الواسعة النطاق التي يثيرها النقل بسرعة فوق صوتية من شأنها ان تحول دون ان يعيد التاريخ نفسه .

(٥) - تمثل هذه الصور الظليّة لطائرات رسمت بمقياس واحد حجم البوينج (٧٤٧) الكبير ونحافة الكونكورد . على الطائرات التي تفوق سرعتها سرعة الصوت ان تكون نحيفة لتظل اقتصادية . الفوارق الخارجية بين الطائرتين الخفيفتين اقل وضوحا ، وهي في الدرجة الاولى فوارق في المواد البنيوية .

٥

بوينغ ٧٤٧ جمبو

AIR FRANCE

كونكورد

نوماد ٢٢ GAF

دراغون فلاي دي هافيلاند DH ٩٠

٤

كونكورد

عدد المقاعد العلويّ من ١٠٠ إلى ١٤٠ مقعداً

مقصورة يبلغ فيها الضغط ٣٨ ,. سم٣/كلغ في طيران على ارتفاع ١٨٠٠٠ م

خزّان وقود خلفيّ يوازن الطائرة في الطيران دون الصوتي وفوقه

فوّهات المحرّكات متغيّرة كليّاً وقد تقوم مقام عاكسات

قواعد مزوّدة بالطاقة للحافّة الخلفيّة

شق منزلق للرؤية لطيران بفوق سرعة الصوت

مقدّمة بمفاصل للهبوط

جناح بشكل دلتا في غاية الدقة ليس فيه أجزاء متحرّكة باستثناء الجنيّحات

دخول الهواء يضبط كومبيوتر مساحته المتغيّرة (تحت الجناح)

أربعة محرّكات عنفيّة نفّاثة رولزرويس SNECMAأولمبوس ٥٩٣ باحتراق لاحق (دفع كل محرّك ١٧٢٣٦ كلغ)

النفاثة الاولى كثيرا اعجاب الناس الذين لم يجربوها ، اذ بالرغم من انها كانت باعثة الى تقدم خارق ومستمر في عالم الطيران ، وانها امنت ارباحا طائلة لشركات الطيران ، فانها كانت تحدث ضجيجا قويا وتستهلك وقودها بسرعة .

لكن جاء الحل لهذه المشكلة بفضل المروحة العنفيّة ذات القطر الواسع التي جمعت بين المحرك النفاث العنفي والمحرك المروحي العنفي . ومع ان المبدأ الذي قامت عليه كان معروفا منذ اول عمل قام به فرانك هوتّل (١٩٠٧ ـ) ، مخترع اول محرك بريطاني نفاث ، وان شركة متروبوليتن فِكرز صنعت محركا من هذا النوع عام ١٩٤٧ هو (٣ ـ ف) ، فان الطائرات في ذلك الحين لم تكن قادرة على حمل مثل هذا المحرك . لكن المروحة العنفية ذات القطر الواسع اكتشفت مجددا وركبت في طائرات الشحن التابعة لسلاح الجو الامريكي في منتصف الستينات . فقامت شركة بوينج ، بعد اخفاقها في الحصول على عقد لصنع هذه الطائرات ، باعتماد اربعة من تلك المحركات الكبيرة والصامتة في تصميم طائرتها الجديدة بوينج (٧٤٧) التي كانت الاولى من طائرات النقل الجبارة ذات الهيكل الكبير والمعروفة لدى العامة باسم جمبو .

كان من نتيجة الطلب المتزايد على الشحن الجوي ان اخذ حجم طائرات النقل يتزايد باستمرار . ففي الطائرة (د سي ـ ٣) كان عرض المقصورة يبلغ ١,٧ م ، وفي الكونستلايشن ، بعد نهاية الحرب العالمية الاولى مباشرة ، اصبح يبلغ ٣ م في اقصاه . ثم جاءت البوينج (٧٠٧) ، وهي اولى الطائرات النفاثة الكبرى ، فكانت مقصورتها بعرض ٣,٥ م وبطول اطول بكثير من مقصورات سابقاتها . اما في عام ١٩٦٩ ، الذي سُلّمت فيه اول طائرة بوينغ (٧٤٧) فقد بلغ طول مقصورة هذه الطائرة ضعفي هذا الطول وعرضها ٦,١ م .

جاءت امكانيات هذه الطائرة تفوق بكثير ما يوحي به حجمها . فقد سبقت بسرعتها وعدد ساعات طيرانها اليومي جميع الطائرات القديمة ، حتى غدت كثير من شركات الطيران تكتفي باقتناء طائرة شحن واحدة بوينج (٧٤٧ ف) ، لأن طائرة واحدة من هذا النوع تستطيع ان تنقل في كل سنة كمية من البضائع تفوق ما كانت تنقله جميع الطائرات الاخرى في عام ١٩٣٩ .

النقل بسرعة فوق صوتية

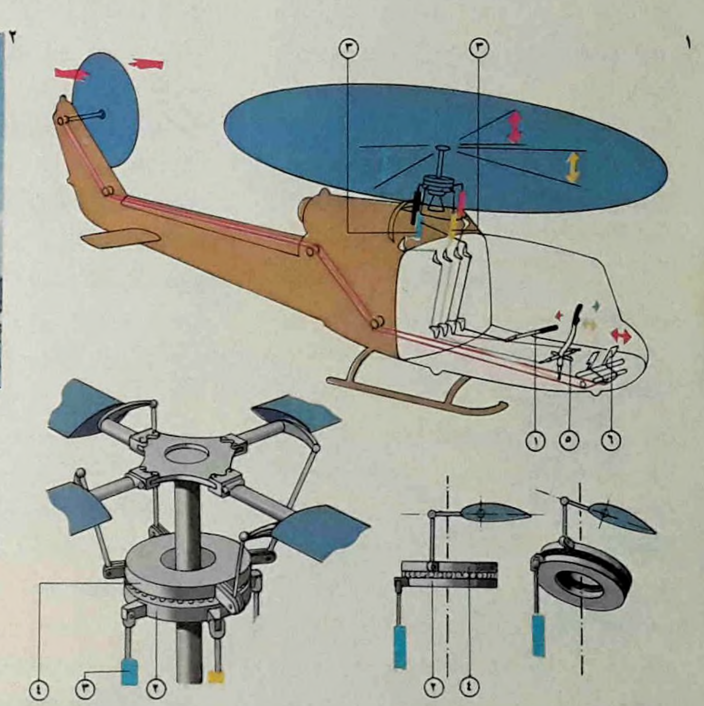
جاءت طائرات كونكورد و توبوليف (١٤٤) مختلفة من بعض هذه النواحي ، وهي طائرات النقل الاولى التي دخلت الخدمة وكان لها سرعة تفوق سرعة الصوت . فمن الصعب جدا صنع جهاز دفع فوق صوتي دون احداث صوت . لكن سرعة ارتفاع هذه الطائرة وحدّة صعودها لا تثيران مشكلة ضجيج محلية الا حول المطار فقط . كذلك انقلب فيها الاتجاه نحو المقصورات الواسعة الى اتجاه نحو تصغير المقصورات الى الحد الأدنى ، لأن هذه الطائرات ، يجب ان تكون نحيلة نسبيا . فضلا عن ذلك ، اصبحت مدة الرحلة مع هذه الطائرات اقصر كثيرا ، مما يسمح بالقول ان هذه الطائرات أخذت تؤمن للركاب فوائد اضافية كما فعلت الطائرات النفاثة الاولى عند ظهورها في الخمسينات .

الطائرات العموديّة

تقوم الطائرات التقليدية بشكل فعال بدورها الرئيسي الذي هو نقل الناس والبضائع من مكان الى آخر. لكن هذا الدور محدود، لانها لا تستطيع التوقف فوق الارض لرفع شيء ما او وضعه في نقطة معيّنة. ولا يمكنها ان تحط في مكان غير مستو وغير صالح لبناء مدرج فيه. فالاماكن الوعرة والعمليات الصعبة تتطلب الاستعانة بطائرة عمودية.

الطائرات العمودية في التاريخ

كل آلة طائرة اثقل من الهواء تصمد في الجو وفقا لمبدأ يعرف بمبدأ «قوة الرفع». فعندما تخترق طائرة عادية ذات جناحين



٢

(١) ـ للطائرات العمودية ذات العضو الدوار الخلفي قضيب حلقي ذو خُطى (١) يشغّل رافعات (٣) تميل القرص المتراوح السفلي (٢)، فيميل القرص المتراوح العلوي (٤) الذي يميل بدوره العضو الدوار الرئيسي ليدفع الطائرة. وترفع عصا المرفاع العام (٥) القرصين المتراوحين او تخفضها. فتغيّر بذلك خطوة ارياش العضو الدوار وقوة الرفع لدى العضو الدوار الرئيسي. تغير الدواستان (٦) خطوة عضو الذيل الدوار. فتدور الطائرة على ذاتها.

(٢) ـ الانقاذ عملية تقوم بها الطائرة العمودية بمهارة. فالجرحى في الجبال والملاحون المهددون بالغرق والسواح التائهون وضحايا الزلازل والطوافانات كثيرا ما يدينون لها بانقاذ حياتهم.

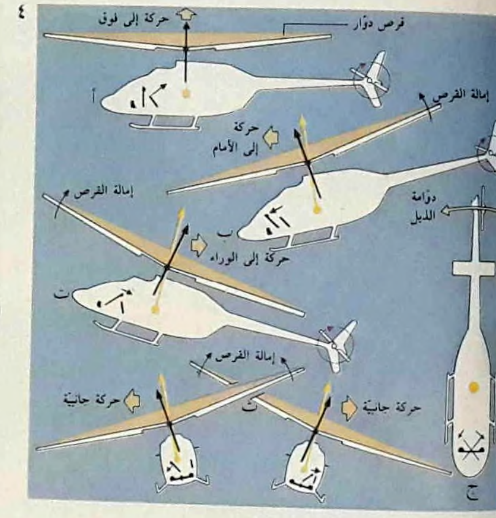
(٣) ـ يحدث الطيران العمودي والطيران المستقر او بالرفرفة عندما يكون محور دوران العضو الدوار على خط واحد مع مركز الثقل (أ). اذا حُركت عصا المرفاع العام، تزداد قوة الرفع او تنقص. واذا دفع القضيب الحلقي ذو الخطى الى الامام، فانه يميل بقرص الدوار الى الامام ويحرك

ثابتين الهواء بسرعة ، فان شكل هذين الجناحين يجعل الضغط تحتهما اكبر منه فوقهما ، وهذا الفرق في الضغط هو ما يرفع الطائرة ويمكّنها من الطيران . لكن اذا امكن صنع جناحين يدوران بدلا من ان يظلا ثابتين ، اصبح بالامكان الحصول على قوة رفع للطائرة دون التقدم الى الامام . وهذا هو المبدأ الذي تعمل بموجبه الآلات الحوامة والطائرات العمودية بنوع خاص .

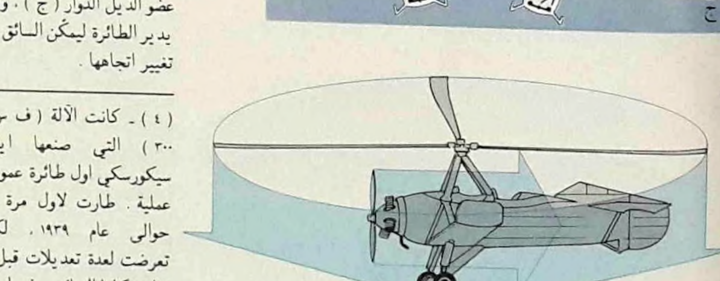
عُرف هذا المبدأ منذ زمن بعيد . فليوناردو دا فنشي (١٤٥٢ ـ ١٥١٩) رسم آلة ذات جناح دوار (٨) سماها « هليكس بتيرون » وهذا الاسم يعني باليونانية « الجناح اللولبي » ، وهو ما يزال ظاهرا حتى اليوم مع شيء من التحريف في كلمة « هليكوبتر » .

لم يتمكن اي هليكوبتر (طائرة عمودية) من الطيران قبل ان اصبح بالامكان

٣



٥





الطائرة الى الامام (ب) . اما اذا دفع القضيب الى الوراء ، فانه يجعل الطائرة تتحرك الى الوراء (ت) . واذا دفع الى اليمين او الى اليسار ، فانه يمكّنها من الانحراف جانبا (ث) . توجه قضبان الدفة عضو الذيل الدوار (ج) . وهذا يدير الطائرة ليمكّن السائق من تغيير اتجاهها .

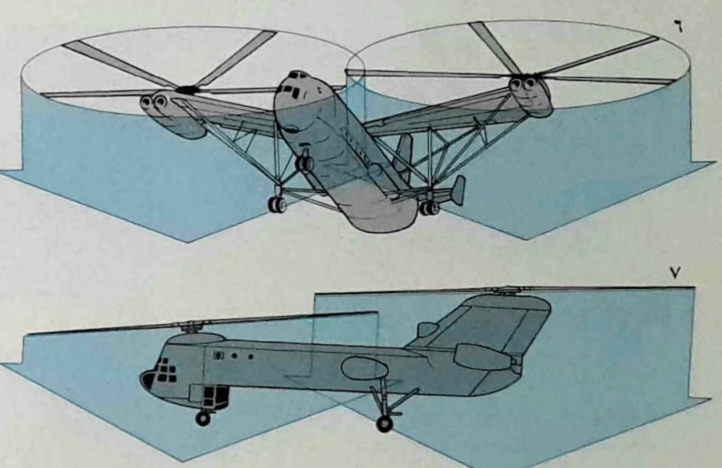
(٤) ـ كانت الآلة (ف س ـ ٣٠٠) التي صنعها ايغور سيكورسكي اول طائرة عمودية عملية . طارت لاول مرة في حوالى عام ١٩٣٩ ، لكنها تعرضت لعدة تعديلات قبل ان تبلغ شكلها النهائي . في احدى المراحل ، كان بامكانها ان تطير في جميع الاتجاهات باستثناء الاتجاه الى الامام . تم التغلب على هذه المشكلة في عام ١٩٤١ . ثم جربت نماذج الانتاج خلال الحرب العالمية الثانية . اصبح عضوها الدوار الرئيسي الوحيد وعضوها الدوار الصغير في الذيل اساس التصميم السائد لجميع الطائرات العمودية .

(٥) ـ صمم خوان دي لاسيرفا الطائرات العمودية ليجعل الطيران اكثر امانا . فجعل العضو الدوار والجناحين يولدان قوة الرفع ، كما جعل المروحة تحدث الحركة الى الامام . لكن من سخرية القدران دي لاسيرفا ذهب ضحية حادث طائرة .

صنع محرك له ما يكفي من الخفة والقوة . فمشكلة القوة حُلّت عند ظهور المحرك العامل بالبنزين حوالى عام ١٩٠٠ ، الذي مكن طائرات عمودية حقيقية من الطيران . لكن هذه الآلات الاولى ذات الجناح الدوار قد تعرضت لمشكلة الاستقرار ، وكان طيارو الاختبار يمانعون في تجربتها ما لم تكن مربوطة الى حبل . وقد بدت مشكلة الاحتفاظ بآلة تحوم في الجو دون التعرض للانقلاب من اصعب الامور ، ومع ذلك بدا ان الامالة المدروسة ضرورية لتمكين الآلة من الطيران في اتجاه معين .

الطاحون الهوائية

في عام ١٩٢٣ ، افلح المخترع الاسباني خوان دي لاسيرفا (١٨٩٦ - ١٩٣٦) في تطيير آلة كانت مزيجا غريبا من الطائرة العمودية والطائرة ذات الجناحين الثابتين (٥) . فقد



(٦) - تعطي الطائرة العمودية المجهزة بعضوين دوارين قوة رفع تعادل ضعفي قوة رفع الطائرة العمودية المماثلة لها المزودة بعضو دوار واحد . اكبر طائرة عمودية في العالم هي (م آي - ١٢) السوفييتية ، التي صنعها ميخائيل ميل والتي سجلت عام ١٩٦٩ الرقم القياسي في قوة الرفع اذ حملت ٤٠ طنا على ارتفاع يربو على ٢٠٠٠ م .

(٧) - للطائرة العمودية الترادفية عضوان دواران احدهما وراء الآخر . بنى اول طائرة عمودية ترادفية ، وكان اسمها « الموزة الطائرة » ، المهندس الامريكي فرانك بيازكي عام ١٩٤٥ . قد تصنع هذه الطائرات باحجام كبيرة بحيث يمكن استخدامها لنقل الركاب او الجنود . لآلات ترادفية اخرى عضوان دوارات مركبان جنبا الى جنب ويتداخلان تداخل خفاقة البيض ، او عضوان دواران متحدا المحور .



(٨) - رسم ليوناردو دا فنشي هذا التصميم عام ١٤٨٥ لطائرة ذات جناح دوار ، مقترحا جناحا لولبيا مصنوعا من القماش المنشّى يستطيع رفع الآلة بالطريقة ذاتها التي يرفعها بها العضو الدوار في الطائرة العمودية . ولكن من المؤكد ان الة ليوناردو لم تطر ، اذ لم يكن انذاك اي محرك قادر على تأمين القوة الكافية لها ، ولو وجد لكان يؤدي الى تيهان الآلة ، لأن ليوناردو لم يكن ليدرك يومذاك ان المحرك يدير جسم الالة باتجاه مقابل لاتجاه دوران الجناح ، وهو الاثر الدوراني المعروف بازدواج التدوير .

كان لها جناحان ومروحة دافعة ، كما كان لها ايضا جهاز دوار سائب على ظهرها . عند طيران الآلة ، كانت حركة الهواء المارّ بالجهاز الدوار تدير أرياشه كما تفعل بالطاحون الهوائية ، مؤمّنة قوة رفع اضافية للطائرة تمكنها من الطيران البطيء ومن الاقلاع على مسافة قصيرة . وقد سماها دي لاسيرفا « اوتو جيرو » اي « الدوارة تلقائيا » نظرا لدوران أرياشها آليا اثناء الطيران . من شأن هذا المفعول المسمى « الدوران الذاتي » ان يمكن الطائرة العمودية من الهبوط بأمان عندما تفقد قوتها .

آلة متعددة الاستعمال

خلال الحرب العالمية الثانية ، كانت الطائرة العمودية قد تحسنت الى حد الكمال ، لا سيما بفضل بحوث ايغور سيكورسكي (١٨٨٩ - ١٩٧٢) (٤) وهو امريكي من اصل روسي . كان ازدواج التدوير من المشاكل الرئيسية الواجب حلها : فبينما كان المحرك يدير العضو الدوار في اتجاه ، كان في الوقت ذاته يدير ايضا جسم الطائرة في الاتجاه المقابل . وكان ازدواج التدوير هذا نتيجة لعمليتي الفعل وردة الفعل ، وقد تم التغلب على هذه المشكلة بطريقتين : بتزويد الطائرة بعضو دوار عمودي صغير مركب في ذيلها يعمل كمروحة دافعة لمقاومة ازدواج التدوير ، او بتزويد الطائرة بعضوين دوارين رئيسيين يدوران باتجاهين متقابلين لتعطيل الازدواج . كذلك كان هناك حل آخر لمشكلة ازدواج التدوير يقوم على تزويد العضو الدوار بمحرك نفاث في طرف كل من ارياشه ، عندما تصبح الطائرة متوازنة ومستقرة في الهواء ، تستطيع الطيران بسهولة في جميع الاتجاهات . من شأن العضو الدوار ان يحدث انحرافا سفليا للهواء ، فتكون ردة الفعل لهذا الانحراف ارتفاع الطائرة . واذا عادلت قوة الرفع وزن الطائرة ، تظل هذه جامدة في الهواء . اما اذا تباطأت حركة العضو الدوار وضعفت قوة الرفع من جراء ذلك ، او اذا تغيرت زاوية انسياب الشفرات في الهواء ، فان الطائرة تأخذ في النزول . واذا مال العضو الدوار قليلا عند دورانه ، يتجه انحراف الهواء السفلي في اتجاه فتتحرك الطائرة في الاتجاه المقابل .

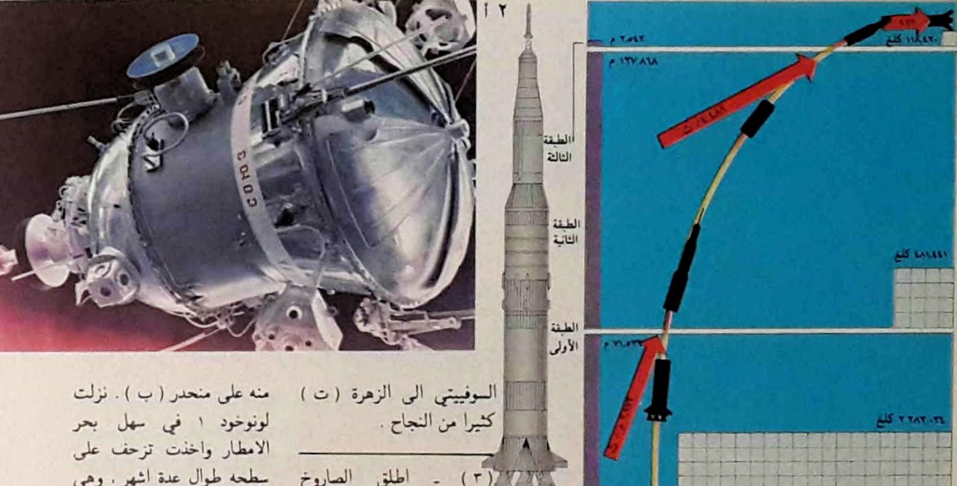
تستعمل الطائرات العمودية لنقل الركاب كطريقة سريعة بين المطارات وقلب المدن مثلا ، وللربط بين الجزر التي تفتقر الى مطارات . لكنها لا تزال مرتفعة الثمن ولم تستطع بالتالي منافسة الوسائل الاخرى لنقل الركاب . لذلك اصبحت تستعمل في الدرجة الاولى لأغراض خاصة لا تصلح لها اية آلة اخرى . فهي وحدها تصلح للاستعمال في كثير من عمليات الانقاذ (٢) ، كرفع الاشخاص المحجوزين في بنايات تحترق وانقاذ البحارة من الغرق او السابحين الذين جرفتهم الامواج الى عرض البحر او تخليص سكان منطقة اكتسحتها الزلازل او الطوفانات . ولها قيمة لا تُقدَر في نقل العمال والمواد الى الاماكن البعيدة . وتستعمل ايضا لرفع الاشياء الثقيلة ووضعها في اماكنها على سطوح الابنية . فأبراج بعض الكنائس الحديثة تبنى بهذه الطريقة . كذلك فان المرونة التي تتمتع بها هذه الآلات تجعل منها ايضا آلة حربية متعددة الاستعمال .

السفن الفضائية

منذ ان اطلق السوفييت سبوتنك ١ في الرابع من اكتوبر عام ١٩٥٧ ، أطلقت دول عديدة المئات من الاقمار الاصطناعية لتدور حول الارض . فقد ارسلت الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي مسابير استكشافية تدور حول المريخ والزهرة او تهبط عليهما برفق ، كما قامت سفن فضائية آلية بدراسة بعض الكواكب السيارة الاخرى عن كثب . وهناك ما يدعو الى الاعتقاد بان النظام الشمسي بكامله يكون قد تم استكشافه قبل نهاية القرن العشرين بواسطة مسابير آلية .

ارتياد الفضاء

يعود استخدام السفن لاستكشاف الفضاء



(١) ـ تتألف الصواريخ المتعددة الطبقات من عدد من الصواريخ الصغيرة المجموعة معا لتشكل صاروخا ضخما . عند الاقلاع ، تشغّل الطبقة الكبيرة السفلى التي تستهلك ٨٣٫٣ ٪ من الوقود فتدفع الصاروخ الى ٣٣ ٪ من سرعته النهائية . بعد ان تستهلك كامل وقودها ، تسقط وتحل محلها الطبقة الثانية . والطبقة الثالثة وحدها تدخل في مدار .

(٢) ـ منذ عام ١٩٥٧ ، اطلقت مئات المسابير الفضائية . كانت السفن الفضائية السوفييتية (أ) كواكب اصطناعية تعاد الى الارض بعد زمن محدود من الطيران . دخل مارينر ٩ (ب) في مدار حول المريخ في أواخر عام ١٩٧١ وتابع عمله بنجاح عام ١٩٧٢ ، فارسل صورا مفصلة عن مناظر المريخ الطبيعية . لم يحقق المسبار الذي ارسله الاتحاد السوفييتي الى الزهرة (ت) كثيرا من النجاح .

(٣) ـ اطلق الصاروخ الامريكي فانغرد عام ١٩٥٨ في الأيام الاولى من البحوث الفضائية . لم تكن الصواريخ موثوقا بها في ذلك الحين ، لكن هذه السفينة الفضائية حققت نجاحا امريكيا باهرا على الرغم من صغر حجمها .

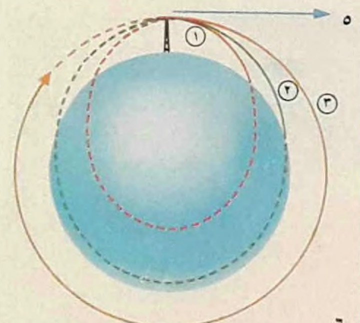
(٤) ـ نقل المركبة القمرية السوفييتية لونوخود (أ) الى القمر مسبار صاروخي اسمه لونا . بعد ان حط المسبار على سطح القمر ، انزلت المركبة منه على منحدر (ب) . نزلت لونوخود ١ في سهل بحر الامطار واخذت ترحف على سطحه طوال عدة اشهر ، وهي تسيّر من الاتحاد السوفييتي ، وكانت ترسل اليه معلومات قيّمة .

(٥) ـ تكون للمسابير الفضائية مدارات مختلفة المدى . فلنفترض اننا نطلق مسبارا بخط افقي من اعلى برج طويل يصل ارتفاعه الى فوق جو الارض . فاذا كانت سرعة السفينة الفضائية غير كافية (١) فانها لا تلبث ان تسقط على الارض ، واذا كانت سرعتها اقوى (٢) ، فانها تطير مسافة اطول قبل

الى اليوم الذي تم فيه صنع صواريخ لها من القوة ما يمكّنها من اطلاق سفن في الفضاء وتحريرها من جاذبية الارض (٦) . هذا ما يتطلب سرعة ١١,٢ كلم في الثانية وما يعرف من الناحية التقنية بسرعة الانفلات من الارض .

لبلوغ سرعات من هذا النوع ، تُستخدم صواريخ متعددة الطبقات او المراحل (١) . فلكي يدخل الصاروخ في مداره ، يجب ان يُطلق عند طرف الجو الاخير ، بعد ان يكون قد نقله الى هناك صاروخ آخر يكون بدوره قد نقل بواسطة طبقة اولى أقوى منه . أوّل من اقترح هذه الطريقة للتغلب على الجاذبية كان رائد الصواريخ الروسي قسطنطين تسيولكوفسكي (١٨٥٧ - ١٩٣٥) . وفي عام ١٩٤٩ اطلق صاروخ امريكي متعدد الطبقات سفينة الى ارتفاع يربو على ٣٩٠ كلم فوق سطح الارض .

٥



٦





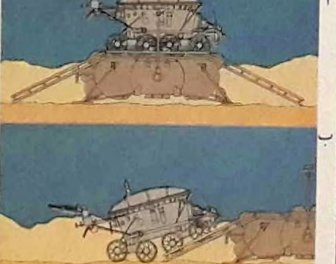


ت

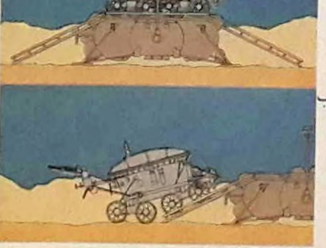




٤ أ



ب



ان تسقط ، اما اذا كانت السرعة مدارية (٣) فهي لا تسقط ، بل تدخل في مدار مغلق وثابت .

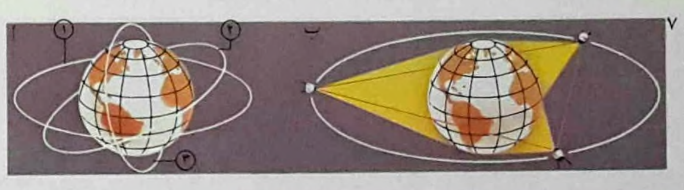
---

(٦) - تطلق صواريخ قوية جميع السفن الفضائية ، اما كي تدخل في مدار او كي تتابع طريقها الى القمر او الى سيارات اخرى او حتى الى ما وراءها . عام ١٩٧١ ، اطلق هذا الصاروخ مسبار المريخ الامريكي مارينر ٩ المحمول في رأس الصاروخ .

الصواريخ والاقمار الاصطناعية

جميع الصواريخ محركات ذات ردة فعل . وهي تعمل وفقا لمبدأ قانون نيوتن الثالث للحركة الذي يصف تصرف اي جسم متحرك وينص على ان الفعل وردة الفعل متساويان ومتقابلان . الفعل في الصاروخ هو انفلات الغازات الحادة هادرة من الذيل ، وردة الفعل هي دفع جسم الصاروخ في الاتجاه المقابل .

صنعت اولى الصواريخ الناجحة المزودة بوقود سائل في الولايات المتحدة عام ١٩٢٦ على يد روبرت غودارد (١٨٨٢ - ١٩٤٥) . وعند وفاة غودارد ، كان العلماء الالمان برئاسة فرنر فون براون قد انجزوا الصاروخ ف ٢ . كان هذا الصاروخ يعمل بالوقود السائل وينقل رأسا متفجرا وزنه طنّ ، وهو الجد المباشر لصواريخ الفضاء الحديثة . بعد نهاية الحرب العالمية الثانية ، انتقل فون براون ومعاونوه الى الولايات المتحدة



٧ (٧) - تستطيع الكواكب الاصطناعية ان تدور في مدارات متنوعة الشكل (أ) ، فبعضها يدور في مستوى خط الاستواء (١) ، ولغيرها مدارات منحنية (٢) ، ويسير بعضها الآخر في مدارات قطبية (٣) . اما الكواكب الاصطناعية « الثابتة » من نوع سنكوم للمواصلات (ب) ، فلا تتعدى دورتها يوما واحدا . تبلغ مسافة هذا الكوكب عن الارض ٣٥٩٠٠ كلم ، وهو يبدو ثابتا بلا حراك ويشكل محطة مثالية للمرحلات التلفزيونية .

٨ أ



ب

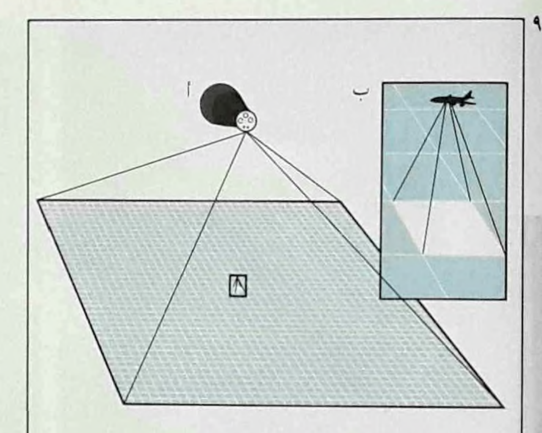


(٨) - تبيّن المقارنة بين صورة جوية وصورة فضائية بوضوح افضلية هذه الاخيرة من حيث ابراز تقاطيع البنية . فالصورة المأخوذة من مدار سفينة ابولو ٩ الفضائية (أ) تبيّن بوضوح فوهات بركان ريشا في موريتانيا بغربي افريقيا . اما في (ب) فتظهر فسيفساء من صور للمنطقة ذاتها مأخوذة من الطائرة . تظهر في الصورة المأخوذة من ابولو تضاريس لم تكن مسجلة من قبل . منها انخفاضات يبلغ عرضها حوالى ١٥٠٠ م .

ليتابعوا بحوثهم هناك .

كان سبوتنيك ١ بحجم كرةالقدم ، وكان يحمل القليل من الآلات بما فيها جهاز ارسال لاسلكي . اما الاقمار الاصطناعية الحالية ، فلبعضها حجم شاحنة كبيرة ، وهي تستعمل لاغراض شتى : لوضع الخرائط(٩) ، وللمواصلات ، وللبحث العلمي بشأن ظاهرات تستحيل دراستها بدقة من الارض بسبب الجو الارضي .

اصبحت الاقمار الاصطناعية المأهولة اليوم



(٩) ـ الكوكب الاصطناعي المداري خير من الطائرة لتصوير الارض . فصورة واحدة منه (أ) تغطي مساحة تبلغ مئات اضعاف المساحة التي تغطيها صورة مأخوذة من طائرة (ب) . وهي تمكن من رؤية المنطقة بكليتها بمزيد من الدقة والتفاصيل . وفوق ذلك ، لا تتعرض الصورة المأخوذة عموديًا من الفضاء للتشويه الملازم للصورة المأخوذة من الطائرة . كذلك تتطلب الصور المأخوذة من الجو عمليات طويلة ومتخصصة لجمعها في خريطة فيسفائية ، في حين ان هذا العمل يصبح بسيطا عند استخدام الصور الفضائية .

شائعة نسبيا . ففي عام ١٩٧٣ وُضع سكايلاب في مدار ، وكان اول محطة فضائية حقيقية . ثم اجريت ايضا عمليات تلاقٍ والتحام في الفضاء بين سفينتين فضائيتين . ففي عام ١٩٧٥ ، التحمت سفينة امريكية بسفينة سوفييتية ، وكان ذلك اول لقاء في الفضاء بين متنافسين تقليديين .

مسابير الى القمر والى السيارات

كان القمر اول هدف للمسابير الفضائية الآلية . ففي عام ١٩٥٩ ، قام لونا ٣ السوفييتي برحلة حول القمر ورسم خريطة لكامل سطحه بواسطة مسابير آلية . وقد هبطت ايضا برفق ومرارا عديدة مسابير اخرى على سطحه (٤) ، وقامت خلال ذلك الهبوط اصابع آلية بالتقاط كميات من غباره وقطع من صخوره .

بعد مسابير القمر ، جاءت اولى المحاولات لاستكشاف السيارات . ففي عام ١٩٦٢ ، مر مارينر ٢ الامريكي بالقرب من الزهرة . ومنذ ذلك الحين ارسلت سفن فضائية الى المريخ وعطارد والمشتري . وفي عام ١٩٧٥ ، هبط مسبار سوفييتي برفق على الزهرة ، وفي السنة ذاتها كانت سفينة فضائية في طريقها الى زُحل . وفي مارس عام ١٩٧٦ ، حطّت مسابير فايكنج الامريكية برفق على المريخ .

بفضل كل ذلك ، جُمعت كمّيات من المعلومات لا تقدر . اصبحت المراقيب ومقاييس الاطياف في السفن الفضائية تقدم الى علماء الفلك مساعدة جلّى ، واخذت الصور بالاشعة دون الحمراء المأخوذة لسطح الارض من السفن الفضائية تكشف عن موارد ارضية جديدة .

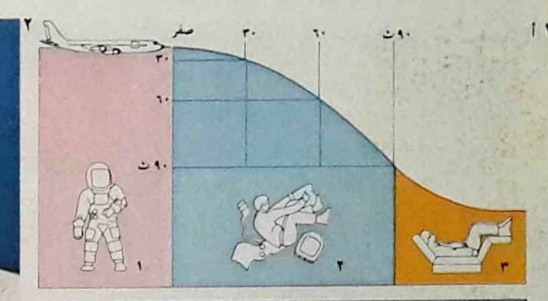
الانسان في الفضاء

كان يوري غارغارين (١٩٣٤ - ١٩٦٨) ، من سلاح الجو السوفييتي ، اول انسان يصل الى الفضاء . ففي شهر ابريل من عام ١٩٦١ ، اي بعد اقل من اربع سنوات من اطلاق اول سيار اصطناعي سبوتنيك ١ ، دار غاغارين في مركبته الفضائية فوستوك ١ دورة كاملة حول الارض فوق طبقة الجو ، قبل ان يهبط بسلام في المكان المحدد له .

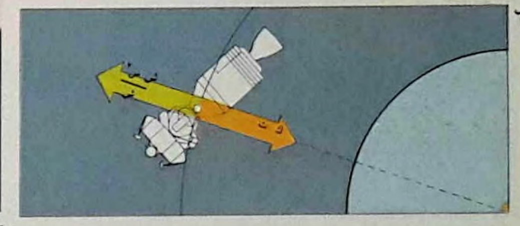
غاغارين وانعدام الجاذبية

كان طيران غاغارين حقا مغامرة رائدة ، اذ لم تكن آنذاك لأي انسان اية فكرة عن ردة فعل الجسم البشري لبقائه مدة طويلة في حالة انعدام الوزن . فجاء غاغارين برحلته

١ أ



ب



٢



٣



(١) - السقوط الحر شرط لانعدام الوزن او انعدام الجاذبية . في (أ) يظهر رائد فضاء يتدرب في طائرة ، ففي (١) يختبر الجاذبية العادية ، في (٢) تهوي الطائرة بخط منحن ، وهذا ما يقلّد حالة السقوط الحر لفترة قصيرة جداً ، في (٣) يُرى جالساً على مقعد ضغط ليقاوم قوة الجاذبية الاضافية عند عودة الطائرة الى الاتجاه الافقي . اما في (ب) ، فيظهر كيف تتوازن قوة الجاذبية (ك ت) ، في مركبة تدور في مدارها ، مع القوة النابذة (ش س ٢) لاحداث انعدام الجاذبية (ك ، الكتلة ، ش = شعاع المدار ، س = السرعة ، ت = التسارع الناجم عن الجاذبية) .

(٢) - قام رائد الفضاء ادورد هوايت باول سير امريكي في الفضاء عام ١٩٦٥ خلال برنامج

هذه يختبر بنفسه شروط انعدام الجاذبية ، وهو شيء لا يمكن احداثه على الارض لأكثر من مدة قصيرة .

لا يعني انعدام الجاذبية (١) ، او الجاذبية الصفر ، ان رائد الفضاء الذي يدور في مدار يتحرر كليا من جاذبية الارض . وخير طريقة لشرح هذه القضية هي ان نتصور كتابا موضوعا على قطعة من الكرتون ، فالكتاب يضغط على الكرتونة ويبدو بالنسبة اليها ثقيلا . لكن اذا هوى الكتاب والكرتونة معا الى اسفل ، يزول ضغط الكتاب ويهبط الكتاب والكرتونة في اتجاه واحد وبسرعة واحدة .

يحدث الوضع ذاته عندما يكون رائد الفضاء في سفينته ، فالاثنان يسيران بالسرعة ذاتها بحيث لا يضغط الرائد على سفينته اذ يتلاشى « وزنه » (لكن كتلته ، وهي كمية المادة الموجودة في جسمه ، لا تتغير) .

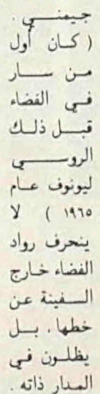
٤



٦



٥



جيمني . (كان أول من سار في الفضاء قبل ذلك الروسي ليونوف عام ١٩٦٥) لا ينحرف رواد الفضاء خارج السفينة عن خطها ، بل يظلون في المدار ذاته .

(٣) ـ سار الفرد ووردن في الفضاء خارج ابولو ١٥ في رحلة الاياب . وقد استعاد معدات فوتوغرافية كانت قد استعملت قبلا . لم ينزل على سطح القمر مع جيم ايرون ودايفد سكوت .

(٤) ـ جاء برنامج جيمني بعد اول برنامج امريكي مأهول (مركوري) . كان جيمني ٧ ، الذي يرى هنا ، قادرا ، كشقيقاته ، على نقل رجلين يستطيعان القيام بعمليات « الالتحام » والسير في الفضاء » .

(٥) ـ صوّرت مركبات القيادة والخدمة في ابولو ١٥ من مركبة قمرية يقودها دايفد سكوت . عند التصوير ، كان المسبار يدور حول القمر فوق بحر الخصب .

(٦) ـ صورة الارض هذه التي التقطها احد افراد طاقم ابولو في رحلته الى القمر تمكن من رؤية شمالي افريقية والجزيرة العربية . هناك غطاء واسع الامتداد من الغيوم ، لكن رواد الفضاء يرون رغم ذلك مساحة واسعة من الارض .

وجد غاغارين ان انعدام الوزن ليس مزعجا ولا مكدرا بحد ذاته . وهذا ما اكّده جميع رواد الفضاء من بعده . غير ان « السير » في الفضاء (٢ و ٣) يبدو منهكا . كان اول انسان قام بمغامرة خارج سفينة في مدارها رائد الفضاء الروسي الكسي ليونوف .

الامريكيون في الفضاء

كان اول امريكي في الفضاء آلن شيبارد الذي قام باول طيران تحت المدار دام حوالى ١٥ دقيقة في شهر مايو من عام ١٩٦١ . وفي الستينات اطلقت كواكب اصطناعية مأهولة فيها رائدا فضاء او ثلاثة رواد . ثم تمت في الفضاء عمليات لقاء معقدة قامت خلالها سفينتان فضائيتان بمناورات دقيقة والتحمتا معا .

كانت اول صعوبة جابهت الالتحام الدولي في الفضاء اختلاف التصميم الامريكي والتصميم السوفييتي ، لان برامجهما الفضائية

٧

٨



٩



(٧) - دارت مركبتا القيادة والخدمة لأبولو ١٦ حول القمر عام ١٩٧٢ . (في الرسم) يقع سطح القمر القاحل وتظهر فيه فوهات واضحة المعالم. التقطت الصورة من المركبة القمرية التي كانت تقل رائدي الفضاء تشارلز ديوك وجون يونغ الى سطح القمر .

(٨) - وسّعت عربات القمر الجوالة نطاق استكشاف رواد الفضاء للقمر . يُرى هنا تشارلز ديوك مع عربة القمر الجوالة . التي نقلها ابولو ١٦ على مقربة من القمة التي سرعان ما سميت بطريقة غير رسمية بالجبل الحجري . الاشعة المشرقة التي تُرى في خلفية الصورة صادرة عن فوّهة الشعاع الجنوبي .

(٩) - قام بأول هبوط على سطح القمر ابولو ١١ في شهر يوليو عام ١٩٦٩ . يُرى هنا

وضعت مستقلة بعضها عن بعضها الاخر. غير ان نجاح سكايلاب الامريكي ادى الى وضع تصاميم لمحطات فضائية معدة لتمرين مشترك، وقد تم ذلك في بعثة ابولو وسويوز المشتركة عام ١٩٧٥.

بلغ برنامج ابولو الذي بدأ في اوائل الستينات ذروته في عامي ١٩٦٨ و ١٩٦٩ مع مركبات ابولو. ففي فترة عيد الميلاد من عام ١٩٦٨ دار فرانك بورمن وجيمس لوول ووليم اندرز حول القمر في ابولو ٨. وفي السنة التالية، تمت على مقربة من سطح القمر تجربة المركبة القمرية المعدة للهبوط عليه. واخيرا، في عام ١٩٦٩، وطأت رجل نيل ارمسترونغ وادوين الدرين ارض « بحر السكون » الخالي من الماء. فطمر الانسان بذلك اخيرا الهوة الفاصلة بين الارض والقمر.

المشكلات الملازمة للبعثات الى القمر

تجعل مشكلة الوقود من المحال حتى الآن ارسال سفينة ذات طبقة واحدة الى القمر واعادتها الى الارض. فالاطلاق الاول يتم بواسطة سفينة تعمل على مراحل، فتصل مركبات القيادة والخدمة الى مقربة من القمر وتدخل في مدار حوله، ثم يهبط رائدا فضاء في المركبة القمرية التي ينحصر دورها في نقل طاقمها من السفينة الفضائية الى القمر.

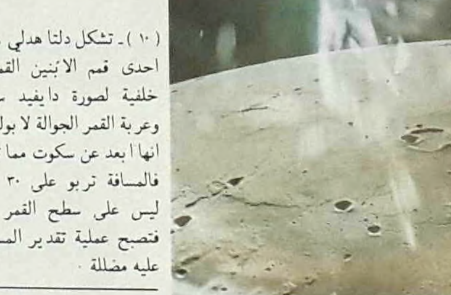
لحسن الحظ كانت كل عمليات الهبوط حتى الآن ناجحة. لكن حادثا واحدا وقع عندما حصل انفجار في ابولو ١٣ في رحلة الذهاب عطّل وحدة الدفع فأرغم رواد الفضاء على استخدام محركات المركبة القمرية للعودة سالمين الى الارض.

حقق ابولو ١١ وابولو ١٢ و ١٤ الى ١٧ تقدما ملموسا في دراسة القمر. وقد وضعت على سطحه مجموعة من آلات الاختبار التي ما تزال تعمل حتى الآن. وخلال الرحلات الاخيرة الثلاث، تمكن رواد الفضاء من السير على سطح القمر في سيارات قمرية. غير ان برنامج ابولو يبقى محدودا. فقبل التمكن من الذهاب الى القمر باعداد كبيرة، لا بد من تأمين وسائل الانقاذ، وهذا ما لا يمكن تحقيقه قبل ١٥ سنة اخرى في اقل تقدير.

١٠



١١



(١٠) ـ تشكل دلتا هدلي، وهي احدى قمم الابنين القمرية، خلفية لصورة دايفيد سكوت وعربة القمر الجوالة لابولو ١٥. انها ابعد عن سكوت مما تبدو، فالمسافة تربو على ٣٠ كلم. ليس على سطح القمر جو، فتصبح عملية تقدير المسافات عليه مضللة.

(١١) ـ في كل مرة غادرت فيها سفينة ابولو سطح القمر، عمل محرك الصعود في المركبة القمرية بانتظام تام. هذا مشهد من ابولو ١٥. لكن هنا، في محرك الصعود تكمن اضعف نقطة في البرنامج بكامله.

إ. الدرين واقفا على سطح القمر في صورة التقطها ن. ارمسترونغ الذي كان اول من نزل على سلّم من المركبة القمرية.

تاريخ المدفعية

تعني كلمة مدفعية بحصر المعنى اي سلاح يطلق قذائف الى مسافة اطول من المسافة التي تطلقها اليها يد الانسان . لكن تعريف المدفعية اصبح مقتصرا على الآلات المستعملة لاطلاق القذائف الضخمة الثقيلة .

« المدافع » الأولى

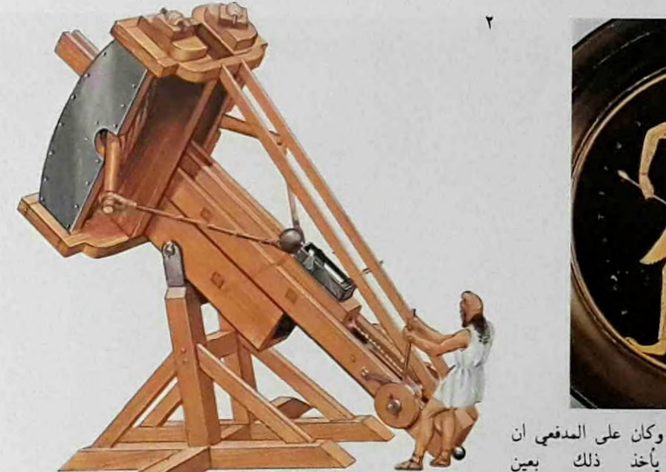
لكل مدفعية طاقة مخزونة تنعتق بسرعة لاطلاق القذيفة . قبل اختراع البارود ، كانت هناك ثلاث طرائق للقيام بهذه العملية ؛ شد الاوتار وتوتيرها كما في القوس ؛ وفتل الاطناب او الالياف كما في المنجنيق ؛ وبعد ذلك بكثير ، استعمال الثقل الموازن كما في العرّادة (٣) .

كانت المدفعية القائمة على مبدأ القوس

١



٢



(١) ـ القوس تجسيد لمبدأ تخزين الطاقة لاعتاقها فجأة . كان قدامى الاغريق يستعملونها في الحرب . وظلت الاقواس والسهام تستعمل في الحرب حتى بعد اختراع بارود المدافع ، لانها كانت زهيدة الثمن وفعالة ودقيقة . ظهرت القوس النشّابة في القرون الوسطى .

(٢) ـ كانت اقوى المجانيق في العصور القديمة قائمة على مبدأ الفتل بدلا من القوس النابضة . وكانت القذائف الحجرية مختلفة الاوزان ، وكان على المدفعي ان يأخذ ذلك بعين الاعتبار .

(٣) ـ كانت العرّادة ، وهي سلاح من القرون الوسطى للحصار ، مصممة لقذف الحجارة . كانت تدعى ايضا منجنيقا ، وكانت تعمل بواسطة ثقل موازن يسقط لاعطاء القوة اللازمة للقذف .

(٤) ـ هذا المدفع من مدينة كسل رايزنغ نورفولك في انجلترا . كان يحشى من فوهته في اواخر القرن الرابع عشر . تظهر في الصورة ماسورة احتياطية مع قذائفها . في ذلك الحين كانت المشكلة الاساسية في المدافع ناجمة عن فعل الارتداد .

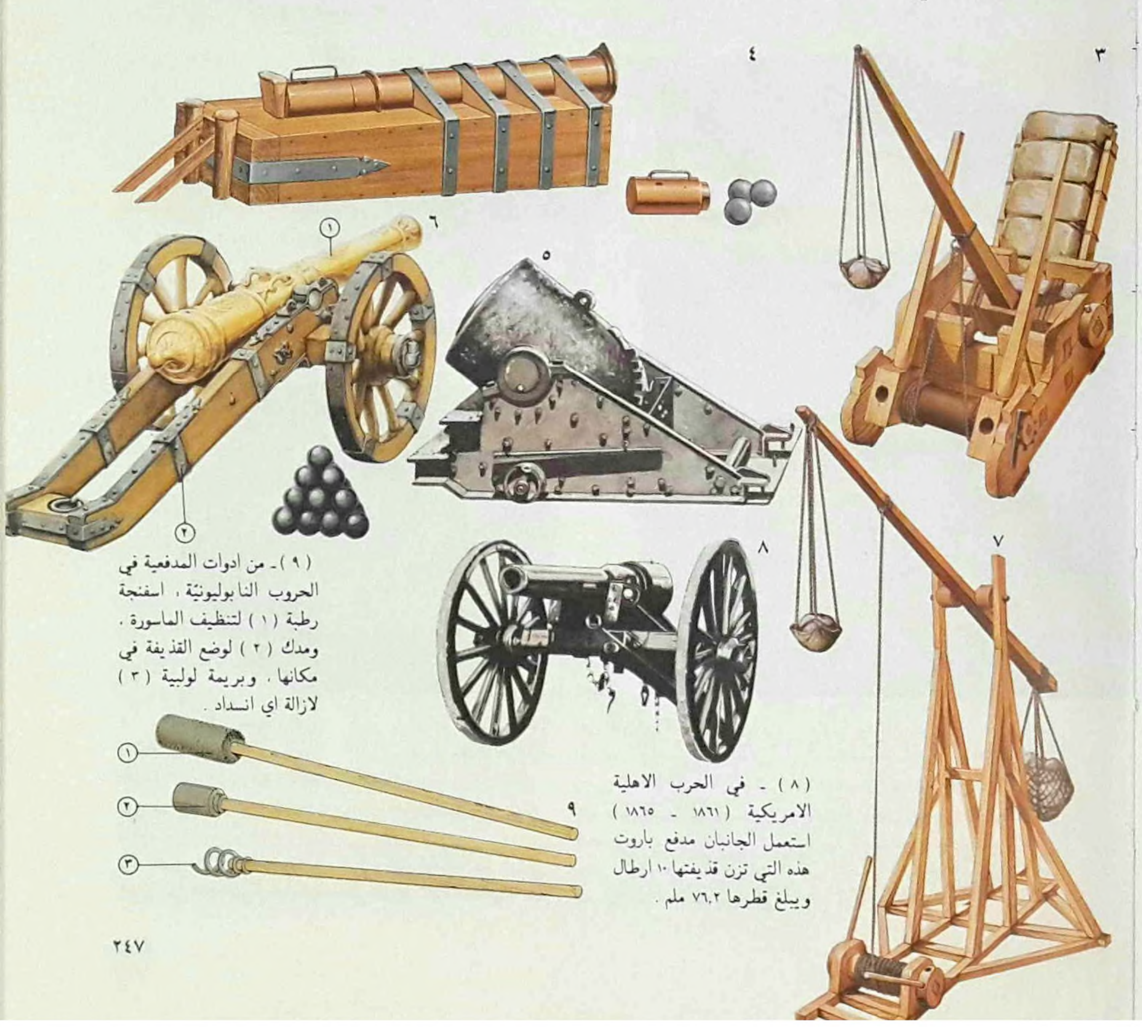
(٥) ـ استعملت قوى الاتحاد في الحرب الاهلية الامريكية مدفع الهاون هذا البالغ قطره ١٣ انشا . وكان شديد التدمير في حصار المدن .

(٦) ـ كانت قطعة ميدان من هذا النوع تستعملها جميع الجيوش في حروب خلافة العرش الاسبانية (١٧٠١ ـ ١٧١٤) . كان مدفعها (١) مزينا بالنقوش تزيينا دقيقا ، وكانت ركيزته مقوّاة برباطات من الحديد (٢) .

(٧) ـ كان البرقيل الروماني نوعا من انواع المجانيق يقوم على مبدأ الفتل . كانت الذراع الطويلة تشد الى اسفل . ثم تفك بسرعة فتنطلق بقوة الى الامام قاذفة الحجر .

معروفة في سرقوسة في عام ٣٩٩ ق . م ، اذ في ذلك الحين تقريبا صنع ديونيسيوس الاسكندري قوسا تكرارية تطلق سهاما قصيرة . وكانت اسلحة من هذا النوع لا تزال تستعمل في الصين حتى أواخر القرن الماضي .

كان للبرقيل ، المشتق من القوس ، والمعروف عند الرومان ، ذراع واحدة يدخل طرفها في جديلة من الالياف يتم شدها بواسطة ونش (٢) ، وكانت تستعمل لرمي قذائف مختلفة بما فيها الحجارة ، والنار اليونانية (وهي مزيج من الزفت والكبريت والنفط) ، والأسرى الاحياء والاموات ، والاقذار . كان مدى البرقيل يبلغ حوالى ٥٠٠ م ، وكان يرمي قذائف يبلغ وزنها ١٥٠ كلج . اما في القرون الوسطى ، فآلة الحصار الوحيدة التي اخترعت كانت العرّادة (٣) المزودة بثقل موازن ثقيل يعطي القذيفة سرعتها .



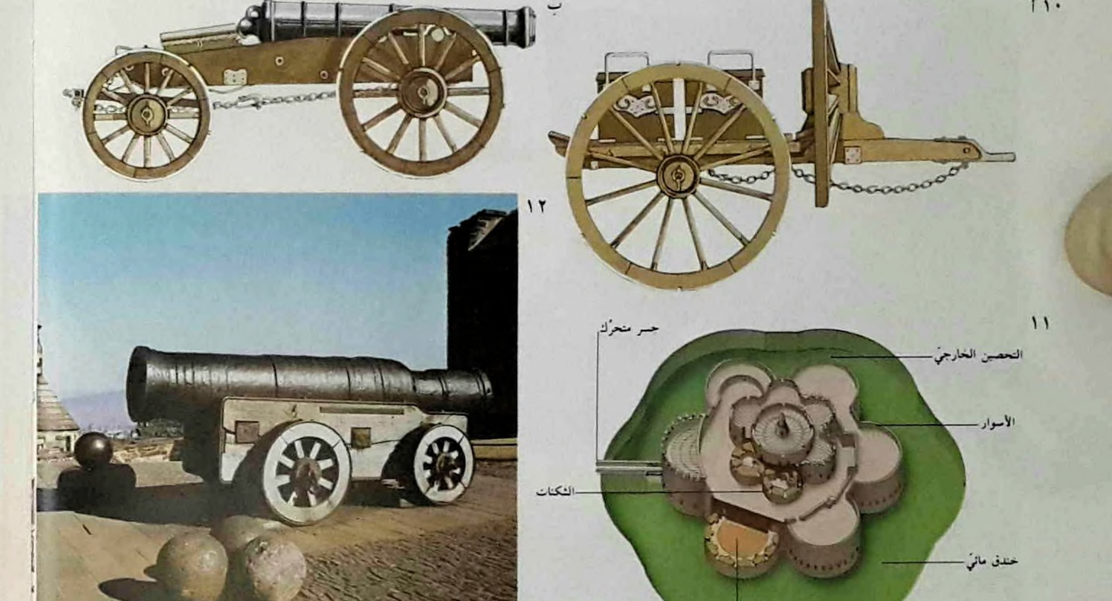
(٩) ـ من ادوات المدفعية في الحروب النابوليونيّة ، اسفنجة رطبة (١) لتنظيف الماسورة . ومدك (٢) لوضع القذيفة في مكانها ، وبريمة لولبية (٣) لازالة اي انسداد .

(٨) ـ في الحرب الاهلية الامريكية (١٨٦١ ـ ١٨٦٥) استعمل الجانبان مدفع باروت هذه التي تزن قذيفتها ١٠ ارطال ويبلغ قطرها ٧٦٫٢ ملم .

تطور الاسلحة النارية

اصبح البارود معروفا في الغرب في حوالى آخر القرن الثالث عشر ، بعد ان كان العرب قد استعملوه قبل ذلك وربما اخترعوه لو لم يكن من الارجح انه من اختراع قدامى الصينيين . ظهر المدفع لأول مرة في اوروبا في الربع الاول من القرن الرابع عشر . ويبدو انه كانت في ذلك الحين صناعة خاصة في جنت (بيلجيكا) لصب المدافع وتصديرها .

وتشمل التقارير الاولى عن استخدامها حصار متز (١٣٢٤) ومعركة هليدان هِلّ (سكتلندا) عام ١٣٣٣ ومعركة كريسي (١٣٤٦) . كانت المدافع الاولى تطلق سهاما ، واخذت التي جاءت بعدها تطلق حجارة او كرات من الحديد المصبوب او الحديد المطاوع . اما في الشرق ، فكان اول من اتقن استخدام المدافع العثمانيون الذين استعانوا بها على فتح القسطنطينية عام ١٤٥٣ .



(١٠) ـ خلال حرب القرم (١٩٥٤ ـ ١٩٥٦) استعمل هذا المدفع البريطاني (ب) الذي تزن قذيفته ١٨ رطلا . وكانت ترافقه عربة ذخيرة (أ) . غير ان القسم الاكبر من مدافع الحلفاء في تلك الحرب لم يكن عياره بهذا القدر . فوزن قذائف اكثر المدافع المستعملة حينذاك لم يكن يتجاوز ٩ ارطال ، وكان بعضها يعود الى ٤٠ سنة .

(١١) ـ قام الحكام بدور اساسي في تطوير تقنيّة المدفعية . فقد امّن هنري الثامن تطوير الاسطول البحري البريطاني واسس مصنعا للاسلحة وأبدى اهتماما بالغا في تطوير التحصينات . وقد طبق بعض آراه في التحصينات الشمالية ضد السكتلنديين وفي بولونيا ضد الفرنسيين .

(١٢) ـ من الممكن حتى الآن مشاهدة مونس مغ في قصر ادنبرة بسكتلندا . وهو مدفع من الحديد المطرق والملحم صنع في حوالى عام ١٤٦٠ .

كانت المدافع الاولى تحشى من مؤخرتها، وكان لكل واحد منها ماسورة او خزانة مركّبة على قاعدة او على مزلجة من الخشب. كانت هذه المدافع قطعا افرادية، ولم تكن بقياس موحد. كان بعضها ضخما جدا، مثل مونس مغ (١٢) الذي اصبح اسطورة، لان طوله كان يبلغ ٤ امتار وقطره ٤٩,٥ سم ووزنه ٥ اطنان، وكان يطلق قذائف من الغرانيت وزنها ١٥٠ كلج. وهناك ايضا في برج لندن سلاح يعرف بمدفع الدردنيل من البرونز المصبوب ومصنوع بشكل جميل من قطعتين ملولبتين تتداخلان معا، طوله ٥ م، وقطره ٦٣,٥ سم، ووزنه ١٧ طنا، ووزن قذيفته ٣٠٤ كلج. كذلك كان طول تزار بوشكا المصنوع عام ١٥٨٦ في موسكو ٥,٤ م، وقطره ٩١,٤ سم، ووزنه ٣٨ طنا، ووزن قذيفته الحجرية ٩٩٨ كلج، وكان وزن البارود الضروري لاطلاق القذيفة من هذه الهولة ٩٠ - ١٣٦ كلج. أخيرا في عام ١٥٤٤، قام شارل الاول (١٥٠٠ - ١٥٥٨)، امبراطور اسبانيا، بحصر المدفعية في ٧ نماذج، فمكّن ذلك من توحيد قياسات القذائف.

تطورت اوجه استعمال المدفعية ببطء. كانت تستعمل المدافع في باديء الامر لدك الاسوار او لقذف جيش محاصر من اعلى الاسوار. وقد ساعدت مدافع الحصار العثمانية الى حد بعيد على سقوط القسطنطينية عام ١٤٥٣. وبين عامي ١٥٣٧ و ١٥٥١ وضع الرياضي الايطالي نيكولو ترتاليا (١٤٩٩ - ١٥٥٧) اول نظرية حول مسار المقذوفات، مبينا ان القذيفة الطائرة تتبع مسارا منحنيا.

في عام ١٦٢٦، حاول غوستاف ادولف ملك السويد (١٥٩٤ - ١٦٣٢) ابتكار مدافع ميدانية خفيفة لمساندة جيوشه، فحمل مصانع الاسلحة على صنع مواسير من النحاس المطوّق بحلقات من الحديد والمغطى بالجلد. لكن ما لبث ان تبيّن له ان هذه المواسير سرعان ما كانت تزداد حرارتها كثيرا فتتعذر اعادة حشوها بسرعة. ثم نظم مدفعيته بحيث تصبح قادرة على القيام بمهمات ثلاث: القتال الميداني، ومساندة الافواج، والحصار. وغدا هذا التنظيم القياسي معتمدا في مختلف الجيوش حتى عام ١٧٧٦، عندما ادخل مفتش المدفعية الفرنسي جان باتيست دي غريبوفال (١٧١٥ - ١٧٨٩) تنظيما جديدا للمدافع مقسما اياها الى مدافع ميدان ومدافع حصار ومدافع حماية السواحل.

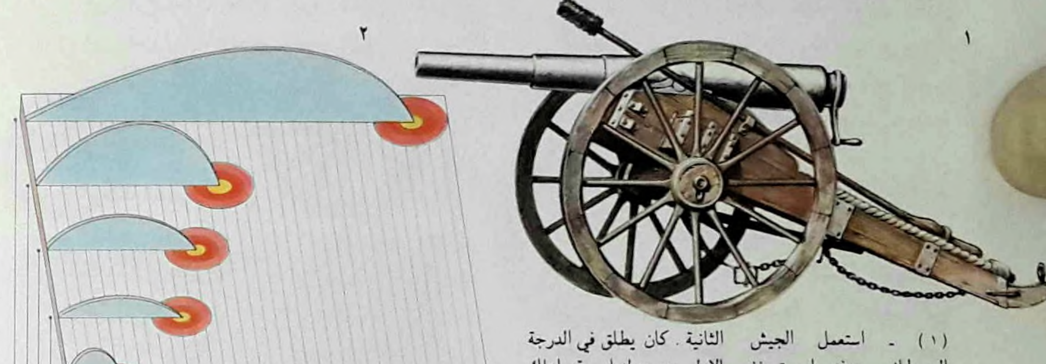
المدفعية البحرية

كانت المدافع البحرية الثقيلة المنصوبة على جوانب السفن واسعة الاستعمال في عمليات القذف عن مسافات قريبة، بينما كانت تستعمل المدافع الخفيفة البعيدة المدى خصوصا لعمليات الانهاك. نادرا ما كانت مدافع السفن تدمر سفن العدو، لكنها كانت تلحق بها اضرارا جسيمة. وكانت الحصى وقطع الحديد تستعمل على الارض وفي البحر كقذائف ضد الاشخاص، وكانت القنابل العنقودية علبا تحتوي على كرات من الرصاص. اما القذائف المسلسلة، وهي انصاف كرات من الحديد موصولة معا بسلسلة، فقد كانت بنوع خاص فعالة ضد الصواري وحبال الاشرعة. وكانت المدفعية الساحلية اثقل من مدفعية السفن واكثر منها دقة. وكانت القذيفة الحديدية تحمّى احياناً قبل اطلاقها بقصد اشعال الحرائق في السفن.

المدفعية الحديثة

لم تحدث تغييرات مهمة في المدافع الثقيلة خلال القرون الخمسة التي تلت ظهورها في القرن الرابع عشر. كانت مواسيرها تصنع من البرونز او من الحديد، وكانت تُحشى من فوّهاتها، وتعمل بالبارود الاسود (بارود المدافع). لكن منذ القرن التاسع عشر، استفادت صناعة المدافع من التقدم الذي تحقق في علمي المعادن والكيمياء.

ففي عام ١٨٥٥، صمم وليم ارمسترونج (١٨١٠ ـ ١٩٠٠) مدفعا زنة قذيفته ٣ ارطال بماسورة مصنوعة من الحديد المطاوع الملفوف حول انبوب داخلي. كانت الماسورة محززة حلزونيا من الداخل لتعطي القذيفة



(١) ـ استعمل الجيش البريطاني مدفع ارمسترونغ البالغة زنة قذيفته ١٨ كلج رغم اكلافه الباهظة بين عامي ١٨٥٩ و ١٨٦٣. ثم قضت مشكلات تقنية بتحويله الى مدفع يُحشى من الفُوّهة.

(٢) ـ يختلف المدى والمسار (أ) بين المدافع البعيدة المدى، (ب) ومدافع القذف القوسي، (ت) ومدافع المساندة الخفيفة، (ث)، والمدافع المضادة للدبابات، (ج) ومدافع الهاون، باختلاف اغراضها الحربية.

(٣) ـ كان الصاروخ (ف ـ ٢) الالماني من اشد الاسلحة تدميرا وتعقيدا خلال الحرب العالمية الثانية. كان يطلق في الدرجة الاولى من هولندا. وقد اهلك ٢٨٥٥ شخصا في انجلترا. كان شكله شكل قذيفة مزعنفة ارتفاعها ١٤ م يوجهها طيار آلي. وكان كل صاروخ من هذا النوع يحمل حوالى طن من المتفجرات على مسافة ٣٢٠ كلم بسرعة قصوى تبلغ ٥٧٩٤ كلم / س.

(٤) ـ لعل المدفع الالماني المضاد للطائرات (أ) والبالغ عياره ٨٨ ملم كان اشهر اسلحة المدفعية المستعملة في الحرب العالمية الثانية. ففي حملات الصحراء (١٩٤٠ ـ ١٩٤١) تبين لطاقمه انه مدفع مضاد للدبابات ممتاز. عندئذ رُكّب على غرار التّيجر على دبابات. كذلك بدا المدفع البريطاني (ت) الذي كان في الاساس يستعمل ضد المشاة، فعالا ايضا ضد الدبابات. وقد استُعمل بدوره حتى نهاية الحرب. كان آخر مدفع بريطاني يصل قطره الى ١٠٥ ملم (ب) مدفعا للمساندة القريبة يتراوح مداه بين ٢ و ١٥ كلم.

٣

حركة دورانية وبالتالي مزيدا من احكام الاصابة، وكانت تُحشى من مؤخرتها. صُنعت مدافع من هذا النوع بعيارات مختلفة (١)، لكن التصميم لم يكن ناجحا كل النجاح، وفُضّل عليه مغلاق المؤخرة المنزلق الذي صممه الالماني كروب، والنظام اللولبي المتقطع.

في عام ١٨٨٨، جاءت مادة متفجرة جديدة، هي قطن البارود او النيتروسلولوز، تحل محل البارود الاسود. كانت تأخذ وقتا اطول لتشتعل، لكنها كانت تولّد مزيدا من الغاز الحار وبالتالي مزيدا من القوة. وقد حُسّنت ايضا اجهزة الرؤية.

في القذيفة المتفجرة التي تطلق من مدفع يُحشى من فوّهته، كان يشعل الفتيل غازات حادة متولدة من الوقود الدفعيّ. وفي عام ١٨٨٠، اصبحت القذائف الفولاذية شائعة الاستعمال. لكن في ذلك الوقت طوقت

٤ أ

ب

ت

٥

(٥) - كان (م - ١٠٧) الامريكي مدفعا ذاتي الدفع عياره ١٧٥ ملم ويطلق قذائف وزنها ٦٧ كلج على مدى ٣٢ كلم. دخل الخدمة عام ١٩٦٢ ليحل محل المدافع الكبيرة المقطورة، وهو احد اكبر المدافع المستعملة الذاتية الدفع. تمكنه خفة هيكله من بلوغ سرعة ٤٥ كلم / س. لكنه يحتاج الى رفوش خلفية تصد الارتداد عنه.

٦

(٦) - يكون نظام التحكم بمقذوف سطح / جو موجه مجهزا احيانا بجهاز رادار بعيد المدى (١) يكشف الهدف ويرسل معلومات عن مسار طيرانه الى دماغ الكتروني (٢) يشغّل رادار تعقب (٣) ليجعله ينصبّ على الهدف ويلازمه. في الانظمة التعبوية يكون رادار التعقب هو الذي يكتشف الهدف ويتعقبه معا. عندما يتضح ان الهدف تابع للعدو، يطلق دماغ التحكم الالكتروني مقذوفا (٤) ويشغّل رادار المقذوف (٥). عندئذ تعاد المعلومات الصادرة عن الهدف وعن رادار المقذوف الى دماغ التحكم الالكتروني الذي يوجه المقذوف بواسطة محطة لاسلكيّة (٦).

القذيفة الفولاذية بطوق من المعدن اللين ، يدعى النطاق الموجّه ، لمنع تسرب الغازات اليها ، لذلك كان لا بد من استعمال نوع آخر من الفتائل . كانت بعض القذائف تنفجر عند اصطدامها بالهدف ، وبعضها الآخر تعمل بحركة الساعة ، او بالبارود الموقوت الانفجار .

في عام ١٨٨٦ ، تمّ اختراع متفجر جديد للقذائف قائم على حامض البكريك .

التطور حتى الحرب العالمية الاولى

كان لمدفع الميدان الفرنسي المصنوع عام ١٨٩٧ جهاز لامتصاص قسم كبير من قوة الارتداد . وهو مدفع ٧٥ الشهير .

وكانت لبريطانيا مجموعة متنوعة من المدافع ؛ مدافع زنة قذيفتها ١٣ رطلا (عيارها ٣ انش) ، ومدافع عيارها ٤,٧ انش او ٦ انش ، ومدافع للقذف القوسي عيارها ٤,٥ او ٥ او ٦ او ٩,٢ انش . واستعملت المانيا مدفعا ميدانيا

(٧) - اصبحت مدافع الهاون الثقيلة المرتفعة المسار اسلحة مشاة مهمة منذ الحرب العالمية الثانية .

(٨) - مكنت قاذفات الصواريخ المحمولة الجنود المشاة في الحرب العالمية الثانية من تدمير مدرعات العدو ومصفحاته الاخرى على مسافات قصيرة . هذا الطراز قادر على حمل رأس نووي .

(٩) - يمكن اطلاق صواريخ بعيدة المدى وقوية النيران ، كالسوينجفاير ، من مؤخر دبابة او من قاعدة ثابتة . وبوسع هذه الصواريخ تحديد مواقع مركبات العدو وتدميرها قبل ان تصبح هي على مرمى من مدافعه . هناك طريقة اخرى لتأمين سرعة الصواريخ وحركيتها في الهجوم او في الدفاع هي اطلاق الصواريخ الموجهة من سفن خفر سريعة .

(١٠) - كان « مينوتمان » الاول من سلسلة مقذوفات امريكية ذاتية الاندفاع وعابرة القارات . كانت هذه المقذوفات تطلق من تحت الارض ، وتحمل رؤوسا نووية .

(١١) - بفضل هذه الصواريخ الروسية المستعرضة في الساحة الحمراء بموسكو يحافظ على توازن القوى مع الاسلحة الامريكية .

١٠

٧



٨





١١



٩



عياره ٧٧٥ ملم وزنة قذيفته ٧ كلج ، ومدفعا للقذف القوسي عياره ٤٢ او ١٠٥ او ١٥٥ انشاً . كانت جميع المدافع تقريبا تجرها الخيل ، لكن قليلا منها كانت تجرها سيّارات شحن . وكانت بعض المدافع الثقيلة مركبة على حافلات سكك حديديّة .

تناول تطور الذخائر ايضا قذائف الغازات السامة (١٩١٥) وقذائف غازات الفوسفور الابيض (١٩١٦) . وحلّت محل قذائف الشظايا قذيفة ثالث نترات التولوبن (ت . ن . ت) الشديد الانفجار . وأدّت حرب الخنادق الى تطوير مدافع القذف القوسي القزمة ومدافع الهاون فانتقل عيار مدافع الهاون من ٧٥ ملم الى ١٥٠ ملم وحتى الى ٢٣٠ ملم (٧) .

التطوُّر حتى الحرب العالمية الثانية

كانت مدافع المساندة القريبة اهم ما اضيف الى المدفعية منذ ١٩١٨ حتى اندلعت الحرب ثانية في اوروبا عام ١٩٣٩ ، كما بدأت الشاحنات تحل محل الخيل . استعمل البريطانيون مدافع قذف قوسي زنة قذيفتها ٢٥ رطلا ومداها ١٢٣٧٠ م (٤) . وكانت للولايات المتحدة ولألمانيا مدافع قذف قوسي عيارها ١٠٥ ملم وتطلق قذائف زنتها ١٠ ارطال على مدى يتراوح بين ١٠ و ١٢ كلم .

لكن التحسينات التي ادخلت على تصميم المدافع مكّنت من اطلاق قذائف اثقل على مسافات اطول ، وكانت عياراتها تتراوح بين ٢٠ و ٨٠٠ ملم ، كما مكنت فتائل جديدة من تفجير القنابل فوق الاهداف على ارتفاع معيّن . وراحت المدافع تنقل على عربات بعجلات وعربات مسرّفة ونصف مسرّفة .

كذلك صُنعت مدافع دفاعية خاصة مضادة للدبابات ومضادة للطائرات (٤) .

ثم ظهرت اسلحة جديدة ، منها صواريخ كانت قد جُرّبت ثم صرف النظر عنها في منتصف القرن التاسع عشر . واستعمل الالمان والامريكيون صواريخ البانزر فاوست والبازوكا المضادة للدبابات . وصنعت بريطانيا والولايات المتحدة صاروخا مضادا للطائرات عياره ٣ انش ، وقاذفة صواريخ متعددة عيارها ٥ انش تطلق على الهدف ٤٥٠ كلج من المتفجرات في الثانية ولمدة دقيقة . وكان لها نظير روسي يبلغ عياره ٥,١ انش وينقل على شاحنة ويدعى كتيوشا .

بعد الحرب العالمية الثانية

في المراحل الاخيرة من الحرب العالمية الثانية ، دفعت المانيا الى الميدان « بسلاحيها الانتقاميين » ، القنبلة الطائرة (ف ـ ١) والصاروخ (ف ـ ٢) . كانت (ف ـ ١) طائرة آلية صغيرة مجهزة بمحرك دفعي نفاث يساعدها صاروخ على الانطلاق ، وقد اطلقت من قواعد في فرنسا وهولندا على لندن وجوارها . اما (ف ـ ٢) (٣) ، فكان صاروخا تفوق سرعته سرعة الصوت يستخدم وقودا سائلا ويحمل رأسا متفجرا فيه حوالى طن من المواد الشديدة الانفجار . وقد اصبح فيما بعد نموذجا لاختبارات الصواريخ الامريكية والروسية التي ما لبثت ان سميت مقذوفات (٥) . تأمينا لسرعة التحضير والاطلاق ، تستعمل الصواريخ الحديثة وقودا صلبا ، وهي مجهزة برؤوس نوويّة يمكن اطلاقها من قواعد تحت الأرض او من غواصات .

السفن الحربية الحديثة

ما تزال السفن الحربية كالماضي تُستعمل لحماية طرقات الملاحة ، او لرد الغزوات ، او لمساندة العمليات الحربية الارضية . حتى الحرب العالمية الثانية ، كانت البوارج اهم الوحدات في جميع الاساطيل ، وكانت مسلحة بمدافع ثقيلة ومدرعة بصفائح سميكة ، ولم تلحقها بالحقيقة تغييرات تذكر منذ البارجة الانجليزية درادنوت التي صنعت عام ١٩٠٦ ، كما ظلت اكثر السفن الحربية الاخرى ، شبيهة بسابقاتها لثلاثين سنة خلت .

حاملات الطائرات

لكن الحرب العالمية الثانية غيّرت نمط

١

٢

(١) - تم صنع دريدنوت البريطانية ، أشهر سفينة حربية في العالم ، عام ١٩٠٦ . كانت مزودة بعشرة مدافع من عيار ١٢ انشا وتقطع ١٢ عقدة بعنفات بارسونز البخارية . بدت بعدها جميع السفن الحربية السابقة قديمة الزي ، وأدت الى سباق في التسلح البحري أسهم في نشوب الحرب في عام ١٩١٤ . كانت دريدنوت السفينة الوحيدة التي كانت مدافعها الرئيسية من عيار واحد . الامر الضروري لتصحيح القصف واطلاق رشقات بعيدة المدى . وكانت سرعتها تفوق سرعة السفن المعاصرة لها بثلاث عقد . قامت بقليل من الاعمال خلال الحرب العالمية الاولى ، لكنها اثرت على تصميم نوع جديد من السفن واعطته اسمها . كانت عنفات بارسونز البخارية الرباعية الاعمدة التي زودت بها اول عنفات من نوعها ركبت على سفينة كبيرة ، وقد برهنت عن كونها اقل كلفة واكثر جدارة بالثقة من المحركات البخارية الثلاثية

٣

٤

القوات البحرية . فبينما لم يكن لمدافع المدرعات قبلها مدى يزيد على ٣٢ كلم ، اصبحت حاملات الطائرات المزودة بقاذفات قنابل انقضاضية وبقاذفات طربيد تستطيع ضرب العدو على مسافة ٥٠٠ كلم . بدأ انتاج حاملات الطائرات منذ عام ١٩١٢ ، لكنها لم تصبح سلاحا مهما الا بين عامي ١٩٣٩ و ١٩٤٥ ، عندما تبيّن ان سهولة تحركها وقوتها الضاربة تجعلان منها ادوات حربية عظيمة .

لا تزال حتى اليوم حاملات الطائرات الكبرى (٦) اقوى السفن الحربية السطحية . وهي تحمل حوالى ٨٠ طائرة من قاذفات قنابل او معترضات لا تقل فعاليتها عن فعالية مثيلاتها المنطلقة من اليابسة .

اصبح وزن الطائرات البحرية الحديثة كبيرا بحيث لم يعد بامكانها الاقلاع من مدرج قصير . لذلك كان لا بد من مجانق بخارية قوية لاطلاقها من على سطح

التمدد . كان طولها الكامل ١٦٠ مترا وعرضها ٢٥ مترا .

---

(٢) - استعملت الزوارق النسافة للمرة الاولى في الحرب العالمية الاولى . لكنها تطورت الى سلاح اكثر فعالية خلال الحرب العالمية الثانية . كانت مجهزة بانابيب لقذف الطربيد وبمدافع خفيفة . وكانت سرعتها تبلغ ٤٠ عقدة . عند نهاية الحرب العالمية الثانية كانت الزوارق النسافة البريطانية (المسلحة بمدافع) قد اغرقت ٢٦٩ سفينة للعدو .

---

(٣) - تستخدم الطائرة التي تطارد غواصة مجموعة متنوعة من الاسلحة . فالرادار (١) يكشف عن ما يظهر فوق الماء ، وتدل انواع مختلفة من الاجهزة الحساسة على الادخنة (٢) وتغيّر درجات الحرارة في الماء (٤) والمجالات المغنطيسية (٥) التي تحدثها الغواصة ، تحت الماء . تسجل الصوت (٦) طافيات سونار او تبث صوتا قويا وتذيع اية انعكاسات (٧) . ويعطي دماغ الكتروني محمول جوا (٣) صورة كاملة عن نتائج البحث .

---

(٤) - ظل المظهر الخارجي للسفن الحربية على حاله منذ ان صنعت البارجة الانجليزية دريدنوت (٣) عام ١٩٠٦ . فالمدمرات حاملات المقنوفات الموجهة (٢) والفرقاطات (٤) وكاسحات الالغام (٥) الحالية كلها لا تزال شبيهة بالسفن التي كانت تصنع في منتصف هذا القرن . وان كانت اسرع واخف منها . وحتى السفن النووية ذاتها ، كانتربرايز (١) وغواصة بولاريس (٦) الامريكيتين ، فانها لا تزال محتفظة باشكال سابقاتها . لكن ما تغيّر فيها هو قوة النيران ، فلمقنوف واحد تطلقه مدمّرة حالية قوة لا تقل عن قوة مجموعة المدافع التي كانت تطلقها اضخم سفينة حربية في الحرب العالمية الثانية .

---

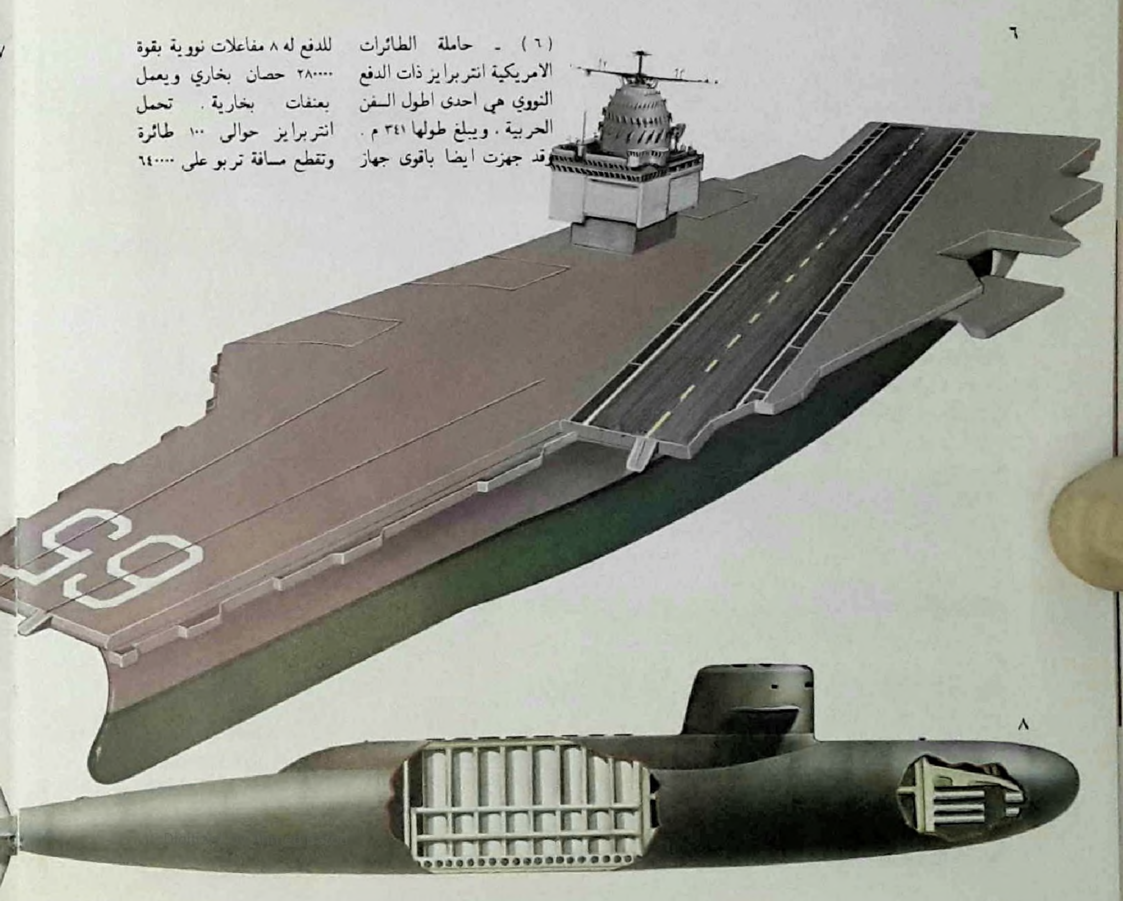
(٥) - ما يزال المدفع البحري الكبير سلاحا فتاكا يستخدم اليوم لقصف الشواطىء والاهداف الساحلية قبل انزال الجيوش البرمائي . تنطلق القذائف الثقيلة بعد ان تفجرها شحنة في خزّان البارود الموجود في مؤخرة المدفع وراء القذائف . تنقل الشحنات والقذائف من مخازن موجودة تحت سطح المركب بواسطة نظام من الناقلات والمرافع . وهناك عدة للتحويل في اعلى الرافعة الاولى تجعل البرج يدور في داخل منصته . ثم يصوب المدفع نحو هدفه بطريقة آلية بواسطة دماغ الكتروني يستخدم المعطيات التي ترده من رادار السفينة . وتوازن حركة جيروسكوبية المدافع والرادار للتعويض عن حركات الترجح والتموّر .

السفينة. كذلك عندما تهبط الطائرة على مدرج السفينة، هناك سلك ممدود على عرض سطح السفينة يعلق بكلّاب موجود تحت ذيل الطائرة فيوقفها، بفضل مثل هذه التقنات الخاصة، اصبح بالامكان الاكتفاء بمدارج على ظهر حاملات الطائرات جاءت اقصر من المدارج التي يحتاجها الاقلاع والهبوط العاديان. كذلك غدت الطائرات البحرية تحمل كامل مجموعة الاسلحة والمعدات التي تحملها الطائرات الارضية.

من جهة اخرى، ادى ظهور الطائرات ذات الاقلاع والهبوط العموديين والاقلاع والهبوط القصيرين الى صنع نوع جديد هجين من حاملات الطائرات غدت مهمته الرئيسية تأمين تغطية جوية لمجموعة من السفن من جهة وايواء الطائرات العمودية لمكافحة الغواصات من جهة أخرى. وقد اصبحت للطائرات العمودية الآن اسلحة فعالة ضد

٦

(٦) - حاملة الطائرات الامريكية انتربرايز ذات الدفع النووي هي احدى اطول السفن الحربية. ويبلغ طولها ٣٤١ م. وقد جهزت ايضا باقوى جهاز للدفع له ٨ مفاعلات نووية بقوة ٢٨٠٠٠٠ حصان بخاري ويعمل بعنفات بخارية. تحمل انتربرايز حوالى ١٠٠ طائرة وتقطع مسافة تربو على ٦٤٠٠٠٠

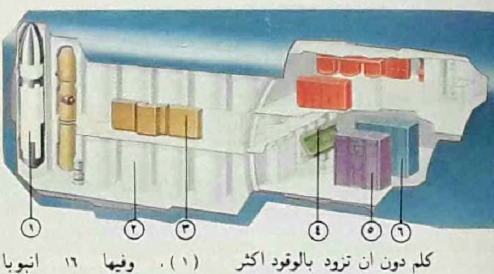


٨

الغواصات ، لانها غدت تحمل اجهزة كشف مع الاسلحة .

تطوُّر الغواصات

تغيّرت الغواصات ، منذ ان اخذت تتحرك بالدفع النووي ، تغيرا كادت معه لا تعرف . فهذا الدفع ، بجعله الغواصة تستغني عن الاكسجين الجوي لاحراق وقود محركات ديزل ، لم يعطها سرعات كبيرة تحت الماء



كلم دون ان تزود بالوقود اكثر من مرة واحدة . اليك فوائد القوة النووية في حاملة الطائرات ، اتساع مدى العمل ، عدم ظهور الدخان وعدم تعكر الجو عند هبوط الطائرة ، فائض من البخار لتشغيل المجانق ، وكذلك تستطيع جزيرة البناء الفوقي حمل اجهزة رادار ذات مسح الكتروني قوي الفعالية لا يمكن استخدامها في السفن التقليدية . تحمل انتربرايز قذائف مضادة للطائرات فوق صوتية وقصيرة المدى . وهناك ٤ مصاعد للوصول الى العنابر . أوصت الولايات المتحدة بصنع ثلاث حاملات طائرات من هذا النوع .

(٧) - تستخدم غواصة بولاريس مقذوفات لها ، « ذاكرة » تتذكر بها الاهداف (١) ، وفيها ١٦ انبوبا للمقذوفات (٢) ، وآلة ضابطة للضغط (٣) ، ولوحة تحكم (٤) ، ومركز مراقبة للمقذوفات (٥) ، ودماغ الكتروني لمراقبة الرمي (٦) .

(٨) - الغوّاصة النووية المجهزة بمقذوفات بالستيكية اكثر الاسلحة فتكا في العالم . تستطيع ان تقطع آلاف الكيلومترات دون ان تصعد الى سطح الماء او ان تجدد وقودها ، ويجري فيها الهواء النقي باستمرار بواسطة جهاز يعيد توليده . لكل نوع من مقذوفات بولاريس قوة انفجار تفوق قوة جميع القذائف التي القيت خلال الحرب العالمية الثانية . ومن الممكن برمجة هذه المقذوفات لاصابة اي هدف تقريبا .

فحسب ، بل أمّن لها ايضا مدى عمل لا حد له . وعندما اضيفت الى فوائد الدفع النووي التعبوية (التكتيكية) القوة التدميرية الهائلة التي تتمتع بها المقذوفات النووية البالستيكية ، اصبحت الغواصات فجأة اشد الاسلحة فتكا في التاريخ (٧ و ٨) . فالمقذوف بولاريس وخليفاه بوزيدون وتريدنت تقذف من تحت الماء وتستخدم سطح البحر كمنصّة اطلاق . لا تكشف الغواصات الحاملة مقذوفات بالستيكية عن مواقعها الا عند اطلاق مقذوفاتها . لذلك لا توجد تدابير مضادة لاكتشاف جميع غواصات العدو وتدميرها في آن واحد . وما هو اشد احراجا من ذلك هو انه لم يعد مجديا اعتراض المقذوفات المنطلقة من غواصة باسلحة مضادة للمقذوفات ، ما دام مقذوف مثل مقذوف تريدنت مثلا يحمل ١٤ رأسا نوويا تصوب على الهدف مستقلة بعضها عن بعض . لذلك ستبقى الغواصات حاملات المقذوفات البالستيكية ، في المستقبل المتطور ، قوة نووية رادعة شبه منيعة .

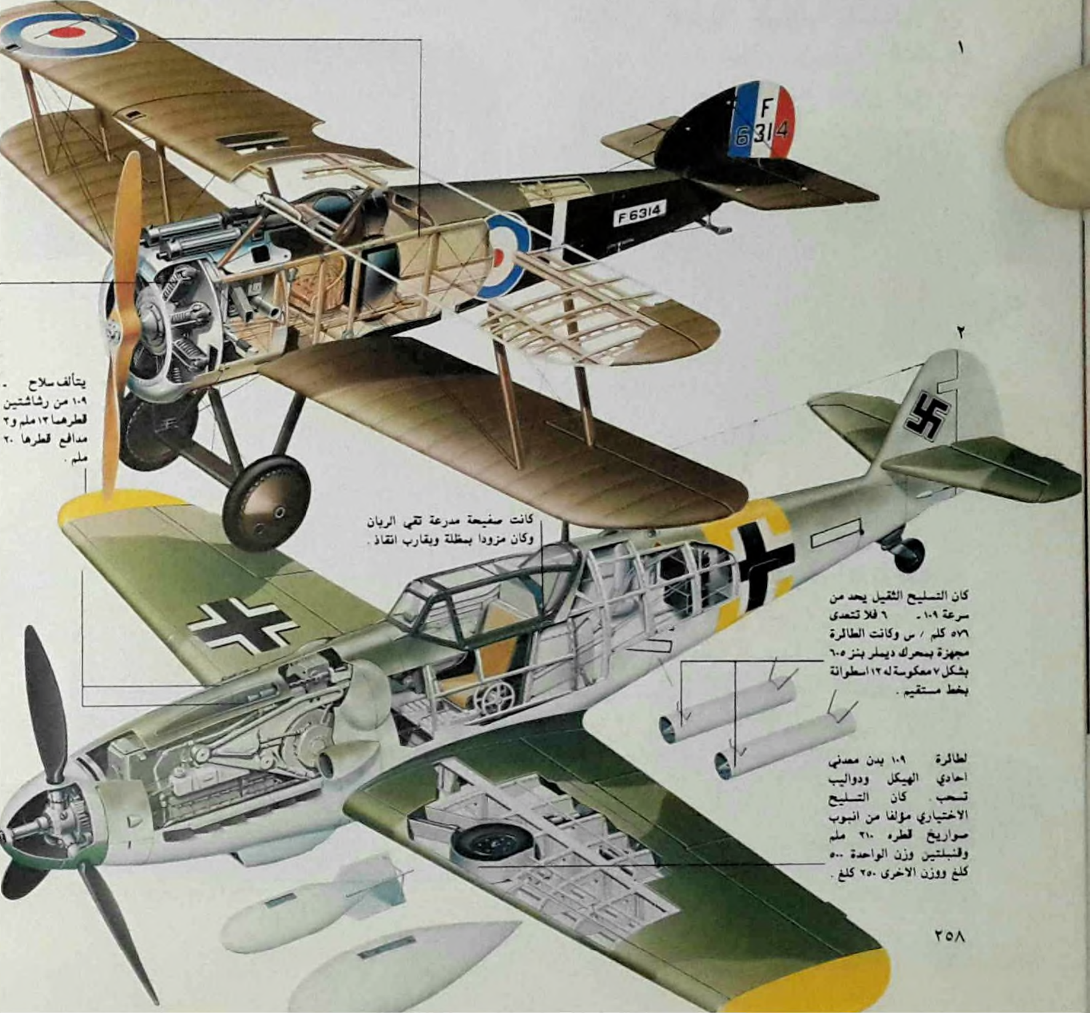
الدفع النووي على سطح البحر

استُعمل الدفع النووي في قليل من السفن الحربية السطحية ، وذلك لأن اكلافه الباهظة وضخامة حجمه تقلل كثيرا من فوائده . كانت البحرية الامريكية الوحيدة التي ابدت بعض الميل لتغيير طرائق الدفع التقليدية . اما البحريّات الاخرى ، ولا سيما البحرية البريطانية ، فقد اختارت المحركات ذات العنفة الغازية نظرا لخفتها وقوتها وكثيرا ما اضافت اليها محركات ديزل او العنفات البخارية لمزيد من الاقتصاد .

الطائرات الحربيّة الأولى

يعزى الى الملازم الايطالي غافوتي القاء اول قنبلة جوية (على الاتراك في طرابلس الغرب في اول نوفمبر عام ١٩١١) كما يعزى اول انتصار في معركة جوية الى الرقيب فرانتز والعريف كينو الفرنسيّين . ففي ٥ اكتوبر عام ١٩١٤ ، بعد ١١ سنة فقط من اول طيران ناجح قام به الاخوان رايت ، استعمل هذان الطياران الرشاش المركب على مقدمة طائرتهما فوازان (٤) ذات السطحين واسقطا طائرة المانية ذات مقعدين . كان من الممكن في طائرة فوازان اطلاق النار الى الامام ، لأن مروحتها الدافعة كانت مركبة في المؤخرة .

عند نشوب الحرب العالمية الاولى ، كان لدى الالمان ٢٨٥ طائرة حربية ولدى



يتألف سلاح ـ ١٠٩ من رشاشتين قطرهما ١٣ ملم و٢ مدافع قطرها ٢٠ ملم .

كانت صفيحة مدرعة تقي الربان وكان مزودا بمظلة وبقارب انقاذ .

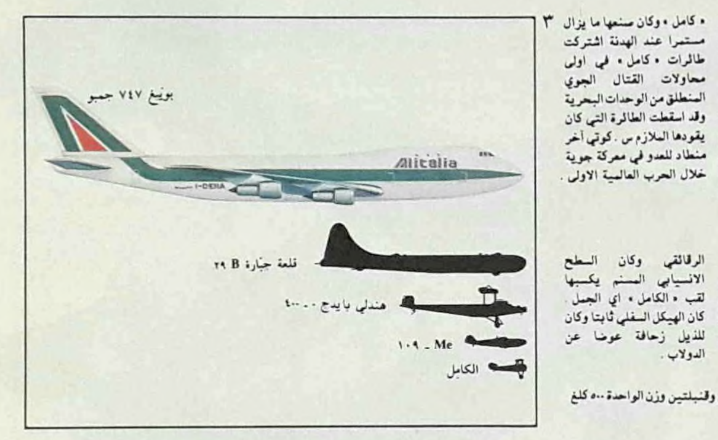
كان التسليح الثقيل يحد من سرعة ١٠٩ ـ ٦ فلا تتعدى ٥٧٦ كلم / س وكانت الطائرة مجهزة بمحرك ديملر بنز ٦٠٥ بشكل ٧ معكوسة له ١٢ اسطوانة بخط مستقيم .

لطائرة ١٠٩ بدن معدني احادي الهيكل ودواليب تسحب . كان التسليح الاختياري مؤلفا من انبوب صواريخ قطره ٢١٠ ملم وقنبلتين وزن الواحدة ٥٠٠ كلغ ووزن الاخرى ٢٥٠ كلغ .

الفرنسيين والبريطانيين ما مجموعه ٢١٩ طائرة ، فكانت القوتان متساويتين . كانت الطائرات معدة في الدرجة الاولى لعمليات الاستطلاع . ومع ان بعض الطيارين والمراقبين ، امثال فرنتز وكينو ، كانوا مزودين باسلحة ، فالحرب الجوية لم تصبح عملية حربية جدية الا في الاشهر الاولى من عام ١٩١٥.

التخصص

مع تطور الطائرات وازديادها قوة وأمانا ، اخذ المهندسون تدريجيا يضعون لها تصاميم خاصة للقيام بمهام معيّنة ؛ فاصبحت المقاتلات كناية عن رشاشات طائرة قادرة على المناورة لمهاجمة مقاتلات وقاذفات قنابل واهداف اخرى على الارض ؛ ولم تعد طائرات الاستطلاع تحمل مراقبا وحسب ، بل اصبح فيها ايضا آلات تصوير ومحطات لاسلكية ؛ وقد زاد حجم قاذفات القنابل في اواخر الحرب الى درجة ان سلاح الجو



كان «للكامل» من عوارض خشبية صندوقية مغلفة بقماش جسم اكثر استطالة من سابقتها «البوب» وكان الربان يجلس الى الامام . لكن مركز القيادة المفتوح الواقع في الوسط الى المؤخرة فوق الجناح العلوي كان يحد من الرؤية .

كانت الادوات واجهزة القيادة بسيطة ولم يكن للربان صفائح مدرعة تقيه ولم يكن له مظلة هبوط وكان القماش المطلي بالللك سريع الاشتعال . كان معدل حياة قائد الطائرة المقاتلة خلال الهجوم الالماني في شهر اذار عام ١٩١٨ يوما واحدا . كان قد صنع اكثر من ٥٠٠٠ طائرة «كامل» وكان صنعها ما يزال مستمرا عند الهدنة اشتركت طائرات «كامل» في اولى محاولات القتال الجوي المنطلق من الوحدات البحرية وقد اسقطت الطائرة التي كان يقودها الملازم س . كوتي آخر منطاد للعدو في معركة جوية خلال الحرب العالمية الاولى . ٣

كانت قوة «كلارجيت» ذات المحرك الدوار تبلغ ١٣٠ حصانا بخاريا وكان عزم دورات المحرك يمكنه من التحول بسرعة الى اليمين ويحمل الطيارين من ذوي الخبرة الناقصة على التدويم عند الاقلاع . كان داسرها الذي كان رشاشتان يطلقان النار من خلاله مصنوعا من الخشب الرقائقي وكان السطح الانسيابي المسنم يكسبها لقب «الكامل» اي الجمل . كان الهيكل السفلي ثابتا وكان للذيل زحافة عوضا عن الدولاب .

كان التسليح الاختياري مؤلفا من انبوب صواريخ قطره ٢١٠ ملم وقنبلتين وزن الواحدة ٥٠٠ كلغ ووزن الاخرى ٢٥٠ كلغ .

---

(١) - اسقطت المقاتلة البريطانية سوبويذ كامل (الجمل) خلال الحرب العالمية الاولى ١٢٩٤ طائرة عدوة ، وهو الرقم القياسي لاي نوع من الطائرات في تلك الحرب . كان محركها الدوار القصير والغليظ يعطيها سرعة ١٨٢ كلم / س . وفي عام ١٩١٨ بلغت كلفتها بدون المحرك والمدافع والآلات اقل من ٩٠٠ استرلينية . وكان سعر اغلى محركاتها لا يتعدى هذا المبلغ . كان القاطع التلقائي فيها يحول دون اصطدام قذائف مدفعيها بالمروحة .

(٢) - كانت مرشميت (ب ف ١٠٩ جي) احد النماذج الاخيرة لهذه المقاتلة الالمانية الشهيرة في الحرب العالمية الثانية . وكانت قد انتجت عام ١٩٣٥ وادخلت عليها تحسينات متتالية . كانت (١٠٩ جي) اصغر من اكثر مقاتلات الحلفاء . وكانت اقصى سرعتها في النموذج (علامة ١٠) تبلغ ٦٨٩ كلم / س . لم يكن الطيارون راضين عن عجلات هبوطها المتقاربة ولا عن اللوحات المزادة على جناحيها لتطويلهما والتي كانت تنفتح احيانا في القتال فتمنع قائد الطائرة من التصويب الدقيق . كان مركز القيادة ضيّقا . وكانت الجنيحات الضرورية لتوجيه الطائرة صعبة الاستعمال في السرعات الكبيرة . لكن مدافع مقاتلات سلاح الطيران الالماني كانت قوية . وكانت بعض طائرات (م اي ١٠٩) مجهزة ايضا بصواريخ يمكن اطلاقها على قاذفات القنابل البعيدة .

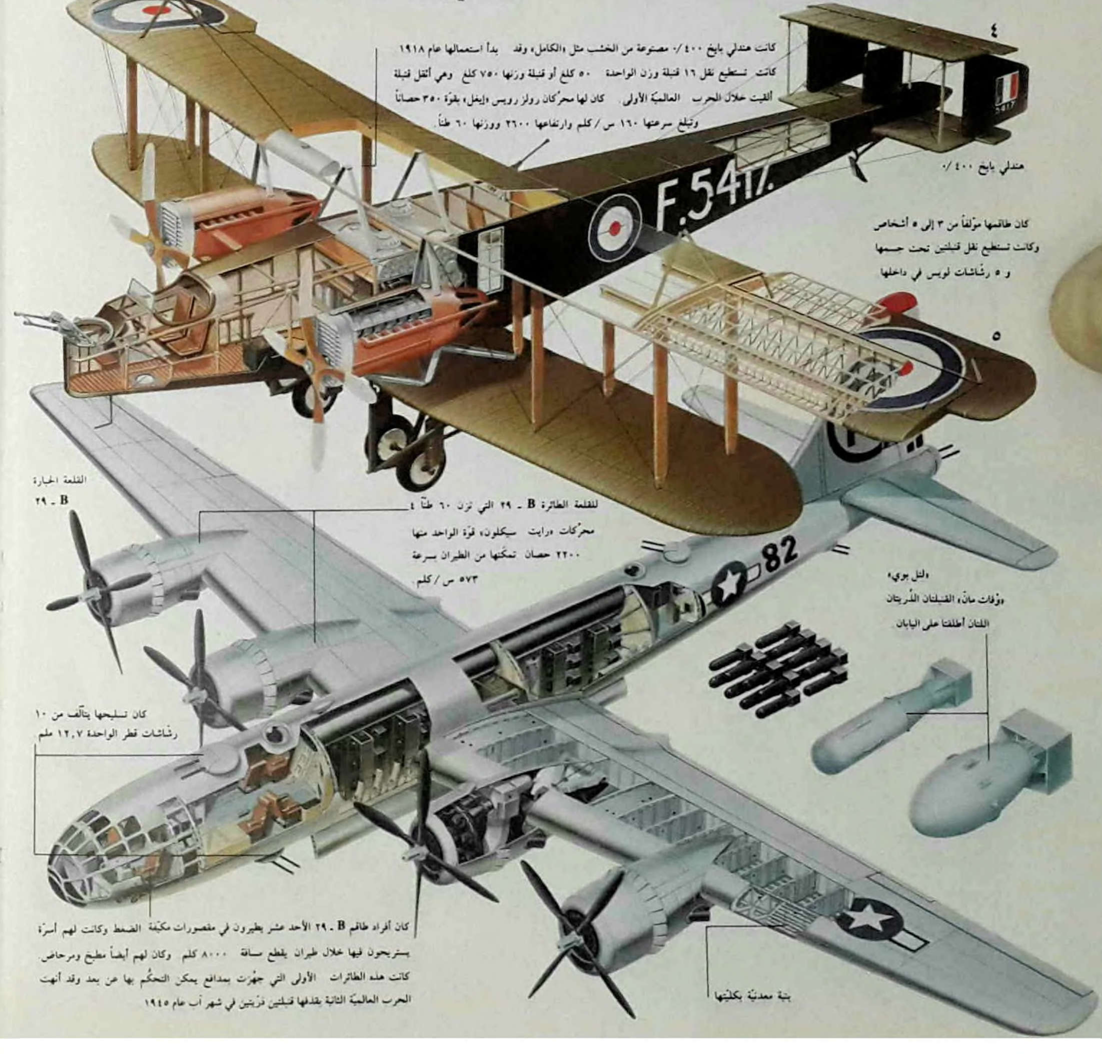
(٣) - مع ان القلعة الطائرة (ب ـ ٢٩) الضخمة كانت اكثر قاذفات القنابل تطورا في الحرب العالمية الثانية ، فقد بدت قزمة أمام بوينغ ٧٤٧ جمبو النفاثة . غير انها بالمقارنة مع هندلي بايدج (٠ ـ ٤٠٠) التي استعملت في الحرب العالمية الاولى كانت اسرع منها باربعة اضعاف تقريبا وكانت تستطيع نقل ١٢ ضعفا من القنابل . لم يكن تطور المقاتلات اقل اذهالا من ذلك . فقد كانت سرعة طائرات ١٩٤٥ تبلغ ستة اضعاف سابقاتها في الحرب العالمية الاولى .

الملكي المكوّن حديثا آنذاك كان يحمل قنابل وزنها ١٥٠٠ كلج ويملك طائرات هندلي بايدج (ف - ٥٠٠) التي كانت قادرة على قصف برلين انطلاقا من مطارات انجلترا .

بين الحربين

لم تحدث تغييرات ذات شأن في تسليح الطيران بين عامي ١٩١٨ و ١٩٣٥ . لكن طرات على هندسة الطيران تغيّرات مذهلة . فقد حُسّنت المحركات بحيث اصبحت تدور ، لا طيلة ٢٠ او ٣٠ ساعة فقط ، وهو ما كان كافيا في عام ١٩١٨ ، بل طوال مئات الساعات ودون ان يصيبها اي خلل . كذلك غدت ابدان الطائرات اخف واقوى .

بعد عام ١٩٣٠ ، ادى ازدياد قوة المحركات والمنافسة المستمرة على التفوق في السرعة الى اعتماد الطائرات الاحادية السطح والتخلي تدريجيا عن الطائرات ذات



السطحين المقواة بالاسلاك المعدنية التي نادرا ما كانت سرعتها تبلغ ٣٢٢ كلم / س .

التقدم السريع خلال الحرب العالمية الثانية

انتقلت قوة المحركات التي كانت ٥٠٠ حصان بخاري عام ١٩٣٥ الى ١٠٠٠ ح . ب عام ١٩٣٩ . وفي عام ١٩٤٤ لم تعد المحركات التي تبلغ قوتها ٢٥٠٠ ح . ب بالشيء النادر . وهذا يعني ان الطائرات اصبحت اثقل واسرع . واخذت كل من بريطانيا والولايات المتحدة تستخدم قاذفات القنابل كأسلحة سوقية (ستراتيجية) . واصبح للطائرات ٤ محركات ، وغدت الواحدة منها تنقل حتى ٧ اطنان من القنابل ، وتحميها ابراج مدافع تديرها محركات . وقد جهزت الولايات المتحدة بمحركات تشحن عنفيا (تربينيا) طائراتها من نوع القلاع الطائرة (ب ـ ٢٩) فغدت قادرة على الارتفاع حتى ١٠٧٠٠ م (٥) . وكانت قاذفات القنابل الالمانية المعدة للحرب الخاطفة مجرد آلات للمساندة التعبوية (التكتيكية) القريبة . لكن بعد ان اخذ البريطانيون يسقطونها خلال الحملات النهارية في سماء بريطانيا عام ١٩٤٠ ، راحت تقوم بغارات ليلية ، مما حفز البريطانيين الى صنع مقاتلات ليلية كبيرة بمحركين ومجهزة بالرادار لاعتراضها .

اصبحت طائرات الاستكشاف في عرض البحر تتناوب كل ٢٤ ساعة على التوالي ، وكانت تحمل اجهزة جديدة للكشف عن سفن سطحية وحتى عن غواصات تحت الماء . وكانت طائرات الاستطلاع تعود بصور واضحة ملتقطة عن ارتفاعات تتراوح بين ٢٠ م و ١٢٢٠٠ م .

في عام ١٩٤٥ ، كانت بعض الطائرات الممتازة المصممة قبل عام ١٩٣٩ لا تزال في الخدمة بعد ان ادخلت عليها بعض التحسينات ، اشهرها الطائرتان سبيتفاير وميسرشميت (ب ف ـ ١٠٩) . لكن كانت هناك تطورات جديدة هامة تشق طريقها نحو المستقبل . ففي عام ١٩٤٤ صنعت شركة ميسر شميت معترضة الصواريخ (م اي ـ ١٦٣) الشبيهة بالخفاش ، وما لبثت ان الحقتها بالمقاتلة الهائلة (م اي ـ ٢٦٢) المجهزة بمحركين نفاثين والقادرة على حمل ٤ مدافع مدمرة من عيار ٣٠ ملم بالاضافة الى القنابل . وفي الاسبوع ذاته ، دخلت في الخدمة مع هذه الاخيرة طائرة متيور النفاثة البريطانية التي لم يكن لها الا مدافع من عيار ٢٠ ملم ، لكنها كانت اكثر امانا واحسن صنعا ، وقد استهلت مهمتها بتدمير القنابل الطائرة (ف ـ ١) التي كانت تغير على لندن .

---

(٤) ـ كانت افضل قاذفات القنابل البريطانية الثقيلة في الحرب العالمية الاولى هندلي بايدج (٠ ـ ٤٠٠) التي كانت قد صنعت اصلا للطيران البحري الملكي . كان جناحاها ينثنيان لتتمكن من دخول حظائر ١٩١٨ القماشية الصغيرة . وكانت تدرج في حقول غير ممهدة يكسوها العشب ولا يتعدى عرضها بضع مئات الامتار . كانت تستطيع الطيران لمدة ٨ ساعات ، وقد استعملت في اواخر عام ١٩١٨ لقذف المدن الالمانية . كما استعمل بعضها بعد نهاية الحرب لنقل الركاب .

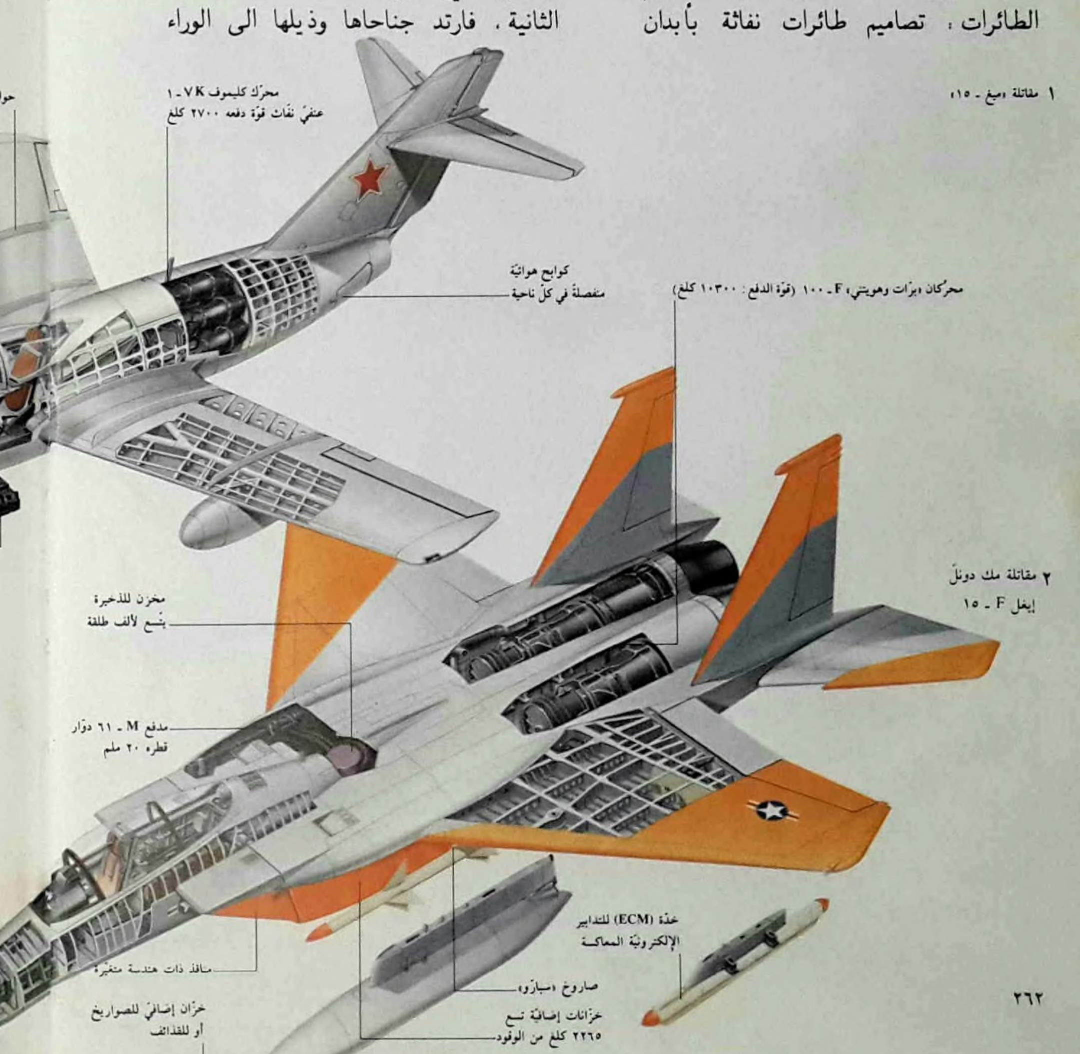
(٥) ـ كانت القلعة الطائرة بوينغ (ب ـ ٢٩) اكثر تقدما من سائر قاذفات القنابل التي استعملت في الحرب العالمية الثانية . استُعملت لأول مرة في شهر سبتمبر عام ١٩٤٢ ، وبعد اكثر من سنة بقليل كانت تعمل فوق اليابان . وقبل القائها اللاانساني للقنبلتين الذريتين كانت قد القت فوق المدن اليابانية ١٥٠٠٠٠ منشور تحذر من غارات مدمرة آتية . كانت (ب ـ ٢٩) تطير على ارتفاع ١٠٧٠٠ م . وكان اعتراضها يكاد يكون مستحيلا . وكانت سرعتها لا تقل عن سرعة اكثر المقاتلات اليابانية .

الطائرات الحربيّة الحديثة

كان اختراع المحرك النفاث اهم ما ساعد على تقوية دفع الطائرات . فبعد الحرب العالمية الثانية برزت فئتان رئيسيتان لتصاميم الطائرات ، تصاميم طائرات نفاثة بأبدان تقليدية وتصاميم طائرات بأبدان جديدة تتلاءم مع المحركات النفاثة وتستفيد من خصائصها .

عند نشوب الحرب الكورية في شهر يونيو ١٩٥٠ ، لم يكن لدى بريطانيا سوى مقاتلات قد تخطاها الزمن ، بينما كان للاتحاد السوفييتي طائرات ميغ المتقدمة (١) .

استفادت طائرة ميغ من نتائج البحوث الالمانية التي اجريت خلال الحرب العالمية الثانية ، فارتد جناحاها وذيلها الى الوراء



١ مقاتلة «ميغ ـ ١٥»

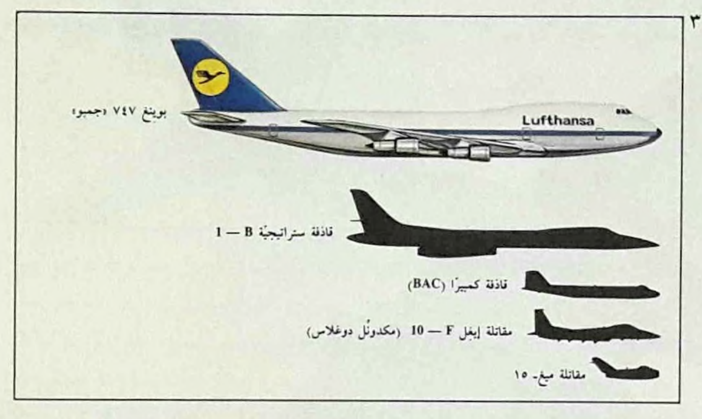
٢ مقاتلة ملك دونلّ إيغل F ـ ١٥

لتأجيل نزول الموجات الصدمية في مناطق انسياب الهواء فوق الصوتي ، واستطاعت بذلك بلوغ سرعة تفوق بـ ١٦٠ كلم/س سرعة الطائرات النفاثة ذات الاجنحة المستقيمة . لكن مع ان طائرات سابر (ف ـ ٨٦) الامريكية كانت اقل سرعة منها ، فقد تفوقت عليها .

تطور لم يكن مرتقبا

حصلت تطورات اساسية سريعة في تصميم الطائرات نتيجة للاستعانة برأي الخبراء عند التوصية على طائرات حربية جديدة . لكن كم كانت المفاجأة كبيرة عندما اخفقت قاذفات قنابل ذات تصميم جديد في دخول الخدمة ، في حين ان طائرة كان يبدو انها تقليدية تقريبا ، هي كنبيرا البريطانية(٤) ، قد انتجت باعداد كبيرة في بريطانيا وفي الولايات المتحدة وقد ظل الطلب قويا على الطائرات المستعملة منها حتى بعد ٢٥ سنة من اول طيران

٣



جز لانسياب الهواء
خزّان وقود يمكن طرحه
مداخل هواء
إلى المحرّك
منفصلة
مجموعة ٣ مدافع قطر أحدها ٣٧ ملم وقطر كلّ من المدفعين الباقيين ٢٣ ملم
رادار دوبلر نابض APG - ٦٣

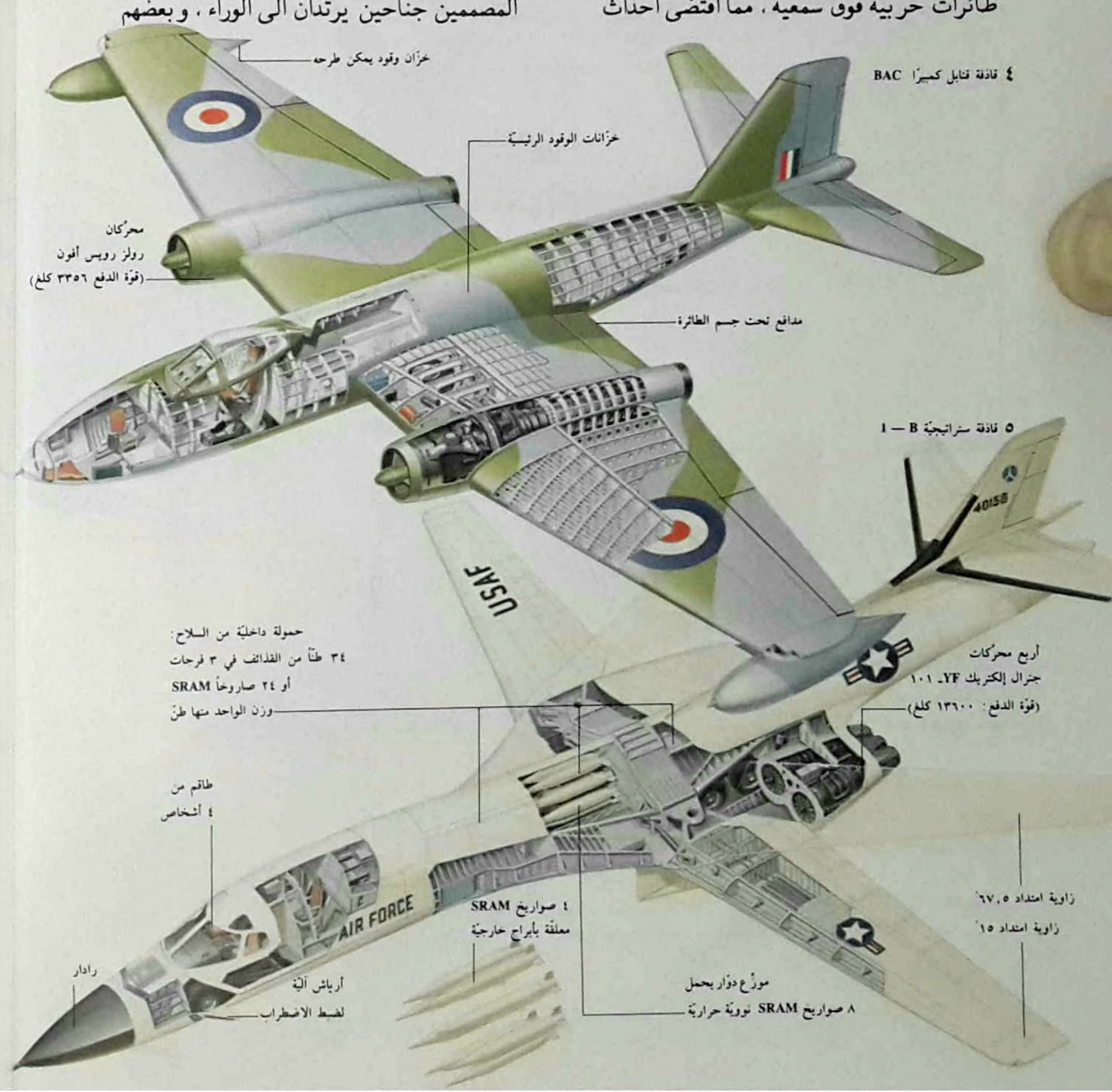
(١) - انجزت الميج ١٥ بسرعة ، لأن الحكومة البريطانية كانت قد صدرت عام ١٩٤٦ احدث محركاتها العنفية النفاثة الى الاتحاد السوفييتي . طارت هذه المقاتلة الجديدة في ٣٠ ديسمبر عام ١٩٤٧ لأول مرة . وكانت حسنة الصنع ، رخيصة الثمن ، وسريعة تبلغ اقصى سرعتها ١٠٨٠ كلم/س . في وقت لاحق استعملت لها محركات روسية ، وقد صنع اكثر من ١٥٠٠٠ طائرة ميج - ١٥ وميج - ١٧ (وهي نسخة محسنة عن الطائرة) للقتال والتدريب .

(٢) - كانت ايجل (ف - ١٥) مكدونل دوغلاس ، بين طائرات القتال التي دخلت الخدمة في السبعينات . اكثرها تطورا . لها جناحان واسعان مساحتهما ٥٦ م٢ ، وجسم صندوقي ، ومجموعة اذناب عمودية . يؤمن رادار في غاية القوة متصل بكومبيوتر معلومات يستطيع قائد الطائرة قراءتها على الفور على لوحة القيادة او على واقية الريح عندما يقود وهو رافع الرأس .

(٣) - تميل الطائرات الحربية الى ان تكون اصغر من طائرات النقل المدنية . لأن ثقل الاسلحة والحمولات الحربية الاخرى يفوق بكثير ثقل الركاب والحمولات التجارية . هنا مقارنة بين قاذفتي القنابل (ب - ١) وكنبيرا والمقاتلتين ايجل (ف - ١٥) وميغ - ١٥ وبين بوينج ٧٤٧ (جمبو) . كان لقاذفات القنابل الرباعية المحركات في الحرب العالمية الثانية طول طائرتي كنبيرا (ف - ١٥) . لكن يبدو ان طائرات القتال في المستقبل قد تكون اجمالا اصغر منها .

لها عام ١٩٤٩ . كان لهذه الطائرة جناحان عريضان غير مرتدين الى الوراء لتأمين حسن التأدية وتسهيل المناورة على الارتفاعات الشاهقة ، ومع ذلك استعملت خصوصا في ادوار تعبوية على ارتفاع منخفض كانت تجعلها صالحة لها بنوع خاص بساطتها ومرونتها وانخفاض اسعارها وقصر مدارجها .

في اوائل الخمسينات ، كانت قد صممت طائرات حربية فوق سمعية ، مما اقتضى احداث تغييرات مهمة في تصميم الطائرات ، من قصر في باع الجناح ، وزيادة في عرض الاجنحة وفي سماكة غشاء البدن وفي طوله ، ومن اعادة تنظيم للمعدات اعادة كاملة ، وجعل المقاعد قابلة للقذف ، وزيادة سعة خزان الوقود ، وخصوصا زيادة قوة المحركات زيادة كبيرة وتزويدها باجهزة احتراق لاحق لتقوية الدفع في الطيران فوق السمعي . اختار بعض المصممين جناحين يرتدان الى الوراء ، وبعضهم



اجنحة بشكل دلتا (ذنب افقي او بدون ذنب)، وبعضهم اجنحة قصيرة وغليظة لا ترتد الى الوراء ، وقليل غيرهم جناح البطة (الذي يأتي فيه الذنب أولا) .

المتطلبات التعبوية

حتى منتصف الخمسينات ، كان يبدو من المعقول حصر الجهد في محاولة بلوغ المزيد من السرعة والارتفاع . لكنه تبين تدريجيا ان التحسينات في مقذوفات سطح - جو تجعل الطيران على علو مرتفع مخطرا ، فكان لا بد من اعادة النظر في تصميم طائرات الهجوم لتتمكن من الطيران على ارتفاعات خفيفة وتتحاشى بذلك كشف الرادار لها . فصممت سلسلة جديدة من قاذفات القنابل يتميز بعضها باجنحة متغيرة الارتداد قادرة على الانبساط عند الاقلاع والطيران التطوافي والهبوط وعلى الارتداد ارتدادا حادا الى الوراء عند الاندفاع بسرعة عالية على مستوى منخفض . كانت اول طائرة من هذا النوع قاذفة القنابل الامريكية (ف - ١١١) (التي انتجت اولا كمقاتلة) . ثم شملت النماذج اللاحقة تومكات البحرية الامريكية (ف - ١٤) والطائرة الاوروبية (م ر ث أ) وقاذفة القنابل السوفية (ب - ١) (٥) المصنوعة لسلاح الجو الامريكي .

خلافا لذلك ، كان لبعض الطائرات المعترضة الصرف المصنوعة في السبعينات اجنحة ثابتة عتيقة الطراز ممثلة بميغ ٢٥ ومنافستها الغربية (ف - ١٥) (٢) . تركزت الحاجات الاولية ههنا على محاولة تأمين قدرة هائلة للمحركات ومساحة واسعة للاجنحة للحصول على سهولة في المناورة . وفي عام ١٩٥٥ اعتبر ان المدافع الثابتة قد تخطاها الزمن ، واصبحت المقاتلات لا تجهز بمقذوفات جو جو موجهة . غير ان اكثر المقاتلات الحديثة مسلحة الان بمدافع للقتال القصير المدى (الذي لا يلائم الا السرعات التي هي دون سرعة الصوت بكثير) بالاضافة الى المقذوفات الخاصة القصيرة المدى .

انظمة رادار الطائرات

حصلت تطورات هائلة في الرادارات والاشعة ما تحت الحمراء والانظمة الاخرى للحصول على صورة مفصّلة لساحة القتال بكاملها . لكن كثيرا من الطائرات التعبوية الحديثة كطائرة (أ - ١٠) الامريكية هي خالية من رادار يبحث عن الهدف وتعتمد في الدرجة الاولى على نظر قائد الطائرة لمهاجمة الاهداف. كذلك مما يدعو الى الدهشة ايضا انها لم تكن اسرع من طائرات الحرب العالمية الثانية ، مع انها تستطيع نقل حمولة خارجية للاسلحة تبلغ ٧٢٧٠ كلج.

---

(٤) - كانت كنبيرا (ب أ ث) (التي صنعتها اولا شركة انجلش الكتريك) من أولى قاذفات القنابل النفاثة ، وما تزال تستعملها عدة قوات جوية . في هذا النموذج يجلس قائد الطائرة الى اليسار تحت غطاء منزلق والملاح في المقدمة ، وتوضع مجموعة من المدافع تحت البطن . لبعض النماذج الأخرى غطاء منزلق واسع وغالبا جهاز تحكم مزدوج للقيادة ومقعد ثالث الى الوراء يجلس عليه الملاح . كانت طائرات كنبيرا مصممة في بادىء الأمر لالقاء قنابلها عن ارتفاع ١٥٠٠٠ م ، وهي تعمل الآن بوجه عام عن ارتفاع منخفض .

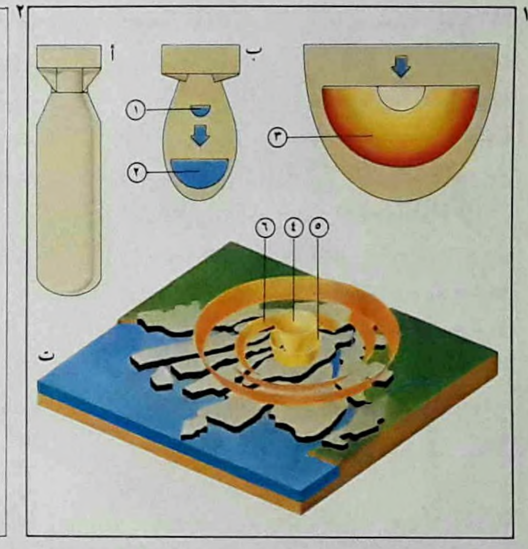
(٥) - طائرة روكول انترناشونال (ب - ١) هي قاذفة القنابل السوقية الوحيدة التي صنعت خارج الاتحاد السوفييتي في السبعينات . لها جناحان دواران ، وهيكلها متقدم وقادر على ان ينقل اثقل حمولة من الوقود والاسلحة التي تستطيع أن تحملها مقاتلة . تبلغ سرعتها على ارتفاع عال حوالى ١،٦ ماخ . تتطلب المهمات القتالية التي تقوم بها بسرعة ١٢٠٠ كلم/س حماية خاصة تؤمنها لها اما وسائل المخادعة او اجهزة تدابير معاكسة الكترونية .

الحرب النوويّة والكيميائيّة والبيولوجيّة

ظهرت القنبلة الذرية في آخر اكثر الحروب دمارا في العالم. فقد اطلقت اول قنبلة ذرية في عام ١٩٤٥، كاشفة عن القوة المرعبة لهذا السلاح الجديد. كانت قوتها تفوق ٢٠٠٠ ضعف اية قنبلة استعملت خلال الحرب بكاملها في اوروبا، ومنذ ذلك الحين ازدادت القنبلة الذرية ٣٠٠٠ ضعف جديد(٤ و ٥). كانت اضخم قنبلة ذرية فجرت حتى الآن وهي التي اطلقها الاتحاد السوفييتي عام ١٩٦١، تساوي ٦٠ مليون طن ت. ن. ت. تقريبا.

في ٦ آب عام ١٩٤٥، قتلت أول قنبلة ذرية القيت في حرب ٧٥٠٠٠ نسمة في هيروشيما باليابان (١ و ٢)، وهدمت ٦٢٠٠٠ منزلا من اصل

١



٢

صواريخ أمريكيّة

١-٢ م.ط — ١٢٩٠٠ كلم

٣٠٠× ٢٠٠ كط — ١٢٩٠٠ كلم

٢× ٢٠٠ كط — ٤٦٠٠ كلم

١٠× ٥٠ كط — ٤٦٠٠ كلم

صواريخ روسيّة

٥ م.ط — ١١١٠٠ كلم

ام.ط — ٨٠٠٠ كلم

ام ط (١٣٠٠ كلم)

١ م.ط — ٩٠٠٠ كلم

كط= كيلو طن

م.ط= ميغاطن

صواريخ تطلق من الغواصة

صواريخ تطلق من السطح

(١) - القت الولايات المتحدة على هيروشيما ونكاساكي في اليابان في عام ١٩٤٥ القنبلتين الذريتين «لتل بوي» (أ) و «فات مان» (ب). لكي يؤدي التفاعل النووي المتسلسل الى انفجار، لا بد ان تكون كتلة المادة القابلة للانشطار اكبر من «الكتلة الحرجة». يعمل الانفجار على زج قطع صغيرة من المادة (١) في كتلة كبيرة منها تكون دون الكتلة الحرجة بقليل (٢) لتعطي كتلة قابلة للانشطار (٣). تبين خريطة هيروشيما (ت) مدى الاضرار التي وقعت، ففي «نقطة الصفر» (٤) الواقعة مباشرة تحت نقطة الانفجار، تبخر كل شيء، في (٥) تهدمت جميع الابنية، وفي (٦) الحق عصف قوي اضرارا في كل شيء. روّع القاء هذه القنبلة البشرية باجمعها.

---

(٢) - المقذوفات البالستية هي الأسلحة الرئيسية للاتحاد السوفياتي والولايات المتحدة. ففي الولايات المتحدة حلّ مينوتمان ٣ (ب) محل مينوتمان ٢ (أ). كما حل بوزيدون (ث) محل بولاريس أ-٣ (ث). من اسلحة الاتحاد السوفياتي البالستية ساسين (ج) وسافيج (ح) اللذان يطلقان من السطح، وسرب (ح) و س س - ن اكس (د) اللذان يطلقان من الغواصة.

---

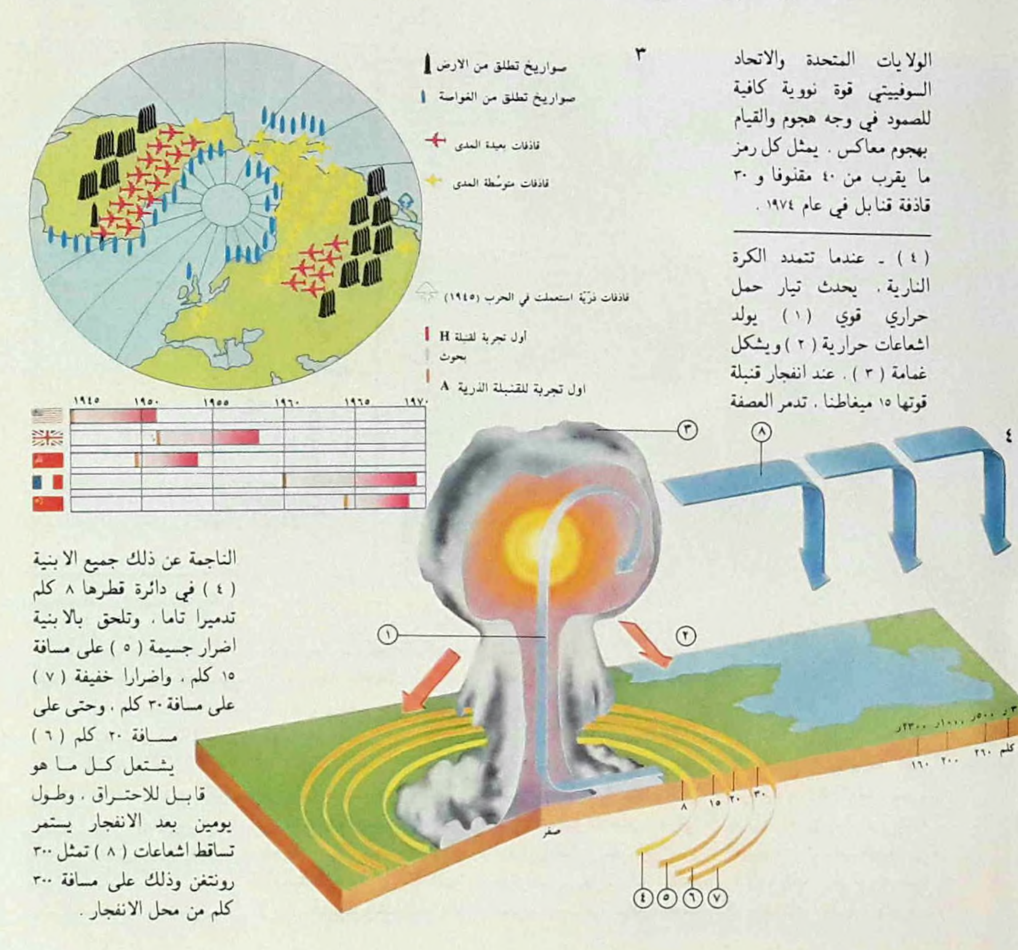
(٣) - تم التوازن النووي بين خمس دول، الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي وبريطانيا وفرنسا والصين. وتملك ثماني دول اخرى وسائل لانتاج الاسلحة النووية. لكل من

٩٠٠٠ منزل ، واحدثت حريقا هائلا دام ٦ ساعات ملتهما مساحة تبلغ ١٠,٥ كلم٢ . كانت هذه القنبلة تزن ٢٠٠٠٠ طن ت . ن . ت . يملك الآن كل من الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة اسلحة تستطيع تدمير ١٠٠٠٠٠ مدينة مثل هيروشيما (٢ و ٣) .

القنابل الذرية والقنابل الهيدروجينية

كانت القنابل الذرية الأولى تستمد طاقتها من الانشطار ، أي من انفلاق نوى ذرات اليورانيوم (ويمكن ايضا استعمال البلوتونيوم) .

كان اكتشاف الطاقة الذرية مثلا آخر ، شائعا في تاريخ العلم ، على اكتشاف علمي ينقلب الى سلاح حربي . لكن هذا السلاح كان رهيبا الى درجة ان الشخص ذاته الذي كان مسؤولا الى حد بعيد عن اختراعه . وهو ج . روبرت اوبنهيمر (١٩٠٤ ـ ١٩٦٧) شجبه علانية، فعزل من منصبه كمستشار للحكومة الامريكية .



الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي قوة نووية كافية للصمود في وجه هجوم والقيام بهجوم معاكس . يمثل كل رمز ما يقرب من ٤٠ مقنوفا و ٣٠ قاذفة قنابل في عام ١٩٧٤ .

(٤) ـ عندما تتمدد الكرة النارية ، يحدث تيار حمل حراري قوي (١) يولد اشعاعات حرارية (٢) ويشكل غمامة (٣) . عند انفجار قنبلة قوتها ١٥ ميغاطنا ، تدمر العصفة الناجمة عن ذلك جميع الابنية (٤) في دائرة قطرها ٨ كلم تدميرا تاما ، وتلحق بالابنية اضرار جسيمة (٥) على مسافة ١٥ كلم ، واضرارا خفيفة (٧) على مسافة ٣٠ كلم ، وحتى على مسافة ٢٠ كلم (٦) يشتعل كل ما هو قابل للاحتراق . وطول يومين بعد الانفجار يستمر تساقط اشعاعات (٨) تمثل ٣٠٠ رونتغن وذلك على مسافة ٣٠٠ كلم من محل الانفجار .

لا يصلح الا نظيران من نظائر اليورانيوم والبلوتونيوم لصنع القنابل الذرية ، هما اليورانيوم ـ ٢٣٥ والبلوتونيوم ـ ٢٣٩ . لا يوجد اي منهما في الطبيعة بشكل يكون فيه جاهزا لصنع قنبلة . فاليورانيوم ـ ٢٣٥ يوجد في خامات ، لكنه لا يشكل الا جزءا ضئيلا منها .

في عام ١٩٥٠ ، ظهرت بعد عملية الانشطار ـ وهي القنبلة الذرية ـ عملية الانصهار ـ وهي القنبلة الهيدروجينية ـ تنجم هذه القنبلة عن احداث تفجير انشطاري يحدث بدوره تفاعلا انصهاريا تنصهر فيه نظائر الهيدروجين الخفيفة لتشكل عناصر اثقل منها . في هذه العملية تتلاشى الكتلة بكاملها وتتحول الى طاقة. القنبلة الانصهارية اكثر تدميرا من القنبلة الانشطارية .

الاسلحة الكيميائية ونتائجها

استعملت الاسلحة الكيميائية في الحرب العالمية الاولى عندما استعمل الجانبان الغاز



٦

(٥) ـ يحدث انفجار قنبلة ذرية (أ) في بادىء الأمر كرة نارية (١) بملايين الدرجات من الحرارة ويبث اشعاعات (٢) . وبعد ثوان قليلة (ب) تتمدد القنبلة وتحدث موجة صدمية (٣) . فترتفع الكرة النارية (ت) حاملة معها غبارا وحصى لتعطي غمامة فطرية الشكل (ث) .

---

(٦) ـ في فيتنام كان الفيتكونج يلتمسون الملاجىء تحت غطاء الغابات لرجالهم وآلياتهم وخطوط امداداتهم . فقضى اخصامهم الامريكيون على هذا الغطاء الطبيعي بتجريد الاشجار من اوراقها بواسطة مواد عابلة تضخ من طائرة . يمكن ضخ هذه المواد الكيميائية على مزروعات العدو لابادة محاصيله واحداث مجاعة بين السكان المدنيين والقوات المسلحة . تؤثر اكثر المواد العابلة على الاشجار طيلة فصل كامل .

---

(٧) ـ يشكل الفوسفور الابيض المعبأ حول شحنة متفجرة مادة محرقة رهيبة . اذا ألقي وهو في « قنابل » ذات غلاف رقيق من طائرات سريعة ، فأنه ينتشر محرقا ويلتصق بكل جسم يطاله محدثا فيه حروقا مروعة.

---

(٨) ـ صورة لأنقاض هيروشيما بعد انفجار القنبلة الذرية يظهر فيها الدمار بكامله . نادرا ما ظلت بعض الابنية قائمة ، لكن التي لم يدمرها القصف قضى عليها الحريق الذي عقب الانفجار . كما ان الاشخاص الذين ظلوا احياء تعرضوا لاشعاع قوي ومات كثيرون

لتسميم قوات العدو في الخنادق . لكن منذ عام ١٩٤٥ اصبحت الاسلحة الكيميائية ممنوعة . كانت اقوى الاسلحة ضد الاشخاص في المستودع الكيميائي هي الغازات العصبية التي ابتكرها الالمان خلال الحرب العالمية الثانية . صنعت ثلاثة انواع من هذه الغازات مشتقة كلها من اكسيد الفوسفين ، وعرفت بالتابون والسارين والسومان . اذا وقعت قطرات صغيرة منها على الجلد ، فانها تخترقه دون ان تقرحه او

٧

٨



منهم في وقت لاحق نتيجة للاشعاع او المرض او لعوارض اخرى . بعكس قنبلة الانصهار (الهيدروجينية) ، لا تحدث القنبلة الذرية تساقط مواد مشعة ذات بال تنقلها الريح من موقع الانفجار الى امكنة اخرى . لكن القنبلة الذرية محدودة القوة .

تثيره ، لكنها توقف عمل انزيم فيه هو الكولينيستراز الضروري للتحكم بالعضلات ، فيعقب الموت ذلك في ما لا يقل عن دقيقة ، وفي بعض الحالات ، في ما لا يزيد على الساعة . تبلغ الكمية الكافية لقتل الانسان البالغ حوالى ٠٫٧ ملجم .

بالاضافة الى الغازات العصبية ، هناك المواد المحرقة كالنابلم والفوسفور الابيض (٧) ، والغازات السامة التقليدية كسيانور الهيدروجين، والغازات الخانقة كالفوسجين ، والمواد الكيميائية المعرية للاشجار من اوراقها والتي يمكن استعمالها ضد المزروعات فتحدث مجاعة او ضد الاشجار فتقضي على غطاء التربة (٦) . وهناك ايضا سلاح آخر يقوم على استعمال عوامل غير معدة للقتل بل لاحداث اضطراب عقلي موقت في الضحايا .

الحرب البيولوجية : السلاح الأخير ؟

لم تستعمل الحرب البيولوجية او الجرثومية في نزاع بين البشر حتى الآن ، مع ان الولايات المتحدة اتهمت باستعمالها في كوريا . لقد كانت هذه الحرب ، كالحرب الكيميائية ، موضوع بحوث ناشطة . فخلال الحرب العالمية الثانية مثلا ، حسنت الولايات المتحدة وسائل عزل سم البوتولين ، وهو المنتوج الطبيعي لبكتير سام الى درجة انه اذا وزعت ٥٠٠ غرام من أسمّ انواعه فانها تكفي للقضاء على جميع الكائنات الحية .

يتزايد الشك في امكانية تحقيق الفعاليات النظرية للحرب البيولوجية ، وفي عام ١٩٧٢ تم الاتفاق على منع انتاج الاسلحة البيولوجية او استعمالها . لكن البحوث ما تزال قائمة لغايات دفاعية مزعومة .

هندسة تنظيم السير

تطورت شبكات الطرق الحديثة عبر عدة آلاف من السنين من الشبكة التي كانت تربط بين القرى والنواحي مارة بطول كل منطقة وعرضها . في الازمنة القديمة كانت عربات المزارعين تشق طريقها بين الحقول متجنبة الغابات والمياه باحثة عن اكثر الطرق سهولة عبر التلال . في المناطق الجبلية تم الوصول الى مبدأ تعيين مواقع الطرق حسب الاتجاه العام لأطراف الجبال للحفاظ على منحدرات معقولة .

حاول الرومان الحد من الضياع الناتج عن الطرق المتعرجة وذلك بجعل طرقهم مستقيمة مستعينين بالتقنيات الهندسية لشقها فوق الاراضي السهلة والانخفاضات الطبيعية والانهار .

١



(١) ـ لا بد ان تخطط الطرق الحرة في المدن ضمن حدود هذه المدن القائمة . ولا بد ان تلائم نقاط الاتصال حاجات السير المحلي ، ان من جهة مواقعها او من جهة سعتها . ولما كانت الطرق الحرة لا تتلاءم في المدن القائمة مع مستوى

تطور بناء الطرق :

في عام ١٨٢٦ اعاد المهندس توماس تلفورد (١٧٥٧ - ١٨٣٤) بناء الطريق بين شروزبيري وهوليهيد (انجلترا) بمواصفات تحد من المنعطفات والانحدارات وتؤمن تصريفا كاملا للمياه . هذه الطريق تشكل جزءا من الطريق العام ٥٨ وكانت مثالا يقتدى به .

ظهرت طرق عامة مصممة للسير السريع في امريكا واوروبا خلال العشرينات ولاسيما حول مدينة ميلانو بايطاليا حيث بنت شركات خاصة اوتوسترادات ذات اتجاه واحد . تأثر ادولف هتلر بالاهمية العسكرية لهذه الطرق وباشر ببرنامج واسع لبنائها بدءا بالطريق العريضة (اوتوبان) فرانكفورت - درمشتات (١٩٣٣ - ١٩٣٥) . مع تحسينات لاحقة في التصميم نشأت الطرق العامة الحديثة للسير السريع ، واصبحت السرعة الكبيرة لا تعني الخطر بالضرورة . بينت الارض (الا حيث تحل طريق محل سكة حديد قديمة) فقد تحفر في انفاق تحت الارض او تبنى على اعمدة فوق سطحها . من مساوىء الطرق السطحية والطرق الحرة المبنية فوق المدن تلوث الهواء الناجم عن تجمع غازات الانفلات في المناطق المجاورة وضجيج السير الكثيف والسريع . وقد تبدو الطرق المعلقة ايضا قبيحة المنظر او قد تحجب المناظر الطبيعية عن الابنية القائمة . وقد تنخفض قيمة الابنية بشكل ملحوظ بعد بناء التقاطعات داخل المدن . ولا بد من بنيات معقدة لتأمين توزيع السيارات التي تغادر طريقا حرة توزيعا سريعا لتلافي الازدحام على الطرق القديمة القريبة من مخارج الطريق الحرة .

٢

طريق سالك

طريق مسدود

السرعة

بدّل خطّ السير

غادر الطريق عند المخرج القادم

قف وانتظر تغيير الإشارات

٣

معلومات

تعليمات

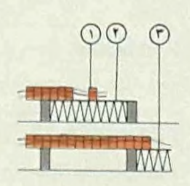
تنبيهات

تحريمات

٤

(٤) - ان احدى الوسائل السريعة لبناء طريق مرتفعة هي جمع قطع الاسمنت المصنوعة مسبقا (١) على منصة مؤقتة (٢) تتم ازالتها (٣) بعد ان تكون اسلاك فولاذية (٤) قد ادخلت في ثقوب موجودة في قطع الاسمنت وشدت من اطرافها بعزقات (٥) .

(٢) - تشغل الشرطة الاشارات الالكترونية على طرق السيارات من محطات مراقبة مركزية . تكون هذه الاشارات عادة عادمة اللون لكن يمكن تنشيطها لتعطي رموزا مضيئة مختلفة . حول هذه الاشارات تتوهج مصابيح لجلب اهتمام السائق .



(٣) - تم التغلب في السنوات الاخيرة على مشكلات اللغات بادخال نظام موحد لاشارات (شاخصات) الطرق المتفق عليها دوليا .

الدراسات ان الطرق الحرة المنفصلة تستطيع تأمين سير كثيف بمزيد من السرعة ومزيد من الامان من الطرق الرئيسية ذات التقاطعات والتي تتوقف السيارات على جوانبها وتحف بها مخاطر اخرى .

ان المبادىء الاساسية لتصميم طرق السير السريع بسيطة نسبيا : اتجاهان للسير منفصلان ، لا تغيير للاتجاه عبر اتجاه السيارات الآتية من الجهة المقابلة ، لا منعطفات حادة ، خطوط بيضاء تحدد عرض المسارات النموذجي وهو ٣,٧ م . ومع ان هذه المبادىء بسيطة فانه نادرا ما يمكن تعديل الطرق القديمة لتتناسب مع مواصفات طرق السير السريع . لا بد اذن من بناء طرق السير السريع من جديد . تتطلب طريق السير السريع الحديثة المصممة لسير سرعته ١١٠ كلم / س المواصفات التالية : ثلاثة مسارات عرضها ١١ م ، مساحة وسطى

٥ أ



ب

ت

ث

ج



(٥) ـ تصمم تقاطعات طرق السير السريع للتخفيف من تعارض حركة السيارات . تلبى الحاجات المختلفة بعدد من التصاميم . (أ) هذا التقاطع في الموندسبري بين الطريقين م ٤ و م ٥ البريطانيين يمكن السيارات من السير بامان في اي اتجاه دون ان تفقد كثيرا من سرعتها . (ب) . يؤمن هذا التقاطع البوقي الشكل وصلا بشكل حرف T بثلاثة مداخل وباقل ما يمكن من التعارض. (ت) عندما تتقاطع طريق سير سريع بطرق رئيسية ، تقسم الطريق الرئيسية بشكل مستديرة تمر تحت طرق السير السريع او فوقه . (ث) تصمم تقاطعات بنوع خاص لربط شبكة من الطرق المحلية بطرق السير السريع . (ج) يؤمن تقاطع العبور الامين من جميع الاتجاهات واليها باقل ما يمكن من تعارض السير . غير ان تغيير الاتجاه لا بد ان يخفف من سرعة السيارات في تقاطع من هذا النوع .

احتياطية عرضها ٥ م . درجة انحدار عرضية بمعدل ١ / ٤٠ لتصريف المياه ، انعطاف بشعاع تقوس حده الادنى ٩٠٠ م ، وهذا الانعطاف يتطلب ارتفاعا جانبيا يساوي ١ /٢٢. ومدى رؤية متواصلة لمسافة ٢٥٠ م من ارتفاع ١,١٠ م فوق سطح الطريق .

تصمم طرق السير السريع في داخل المدن لسرعات دنيا وبعدد اكبر من الوصلات بالسير المحلي . ولما كان بناء طرق السير السريع في المدن القائمة على مستوى الارض امرا صعب التحقيق كثيرا ما تشيد هذه الطرق فوق سطح الارض او تحته . ومع ان الطرق التي تمر بانفاق اكثر اكلافا من سواها فان ما يبرر هذه الاكلاف هو تحاشي الاضرار التي تلحق بالبيئة من الطرق القائمة فوق سطح الارض .

مراقبة السير :

ان اولى المحاولات لمراقبة السير تمت في روما خلال القرن الاول ق . م . وذلك بمنع العربات في السير في المدن اثناء النهار .

مع انتشار الصناعة والتجارة في عصر النهضة ادخلت بعض المدن تنظيمات بدائية على السير ، منها الاتجاه الواحد في بعض الشوارع وبعض القيود على وقوف العربات . وقد فكر ليوناردو دا فنتشي بتوزيع السير على مستويين .

شهد ظهور عصر المحركات في اوائل هذا القرن ، بدايات هندسة السير العلمية مع تبني نظام للسير لمدينة نيويورك عام ١٩٠٣ . اصبحت القواعد العادية كالسير على اليسار في بريطانيا وعلى اليمين في القارة الاوروبية مفروضة في القانون . تبع ذلك ادخال شاخصات (اشارات) لتأمين سلامة السير واضواء آلية لتنظيم السير عند المفارق المدنية الناشطة ونظام المنعطفات غير المباشرة .

اصبحت هندسة الطرق تعرف مؤخرا على انها علم يهدف الى ملاءمة الطرق لحركة السير عن طريق التصميم والتخطيط وملاءمة حركة السير للطرق بغية تأمين سعة استيعاب قصوى بالاضافة الى السلامة . كل هذا يعتمد على تحليل اتجاهات السير والازدحام والحوادث .

حركة السير في المدن

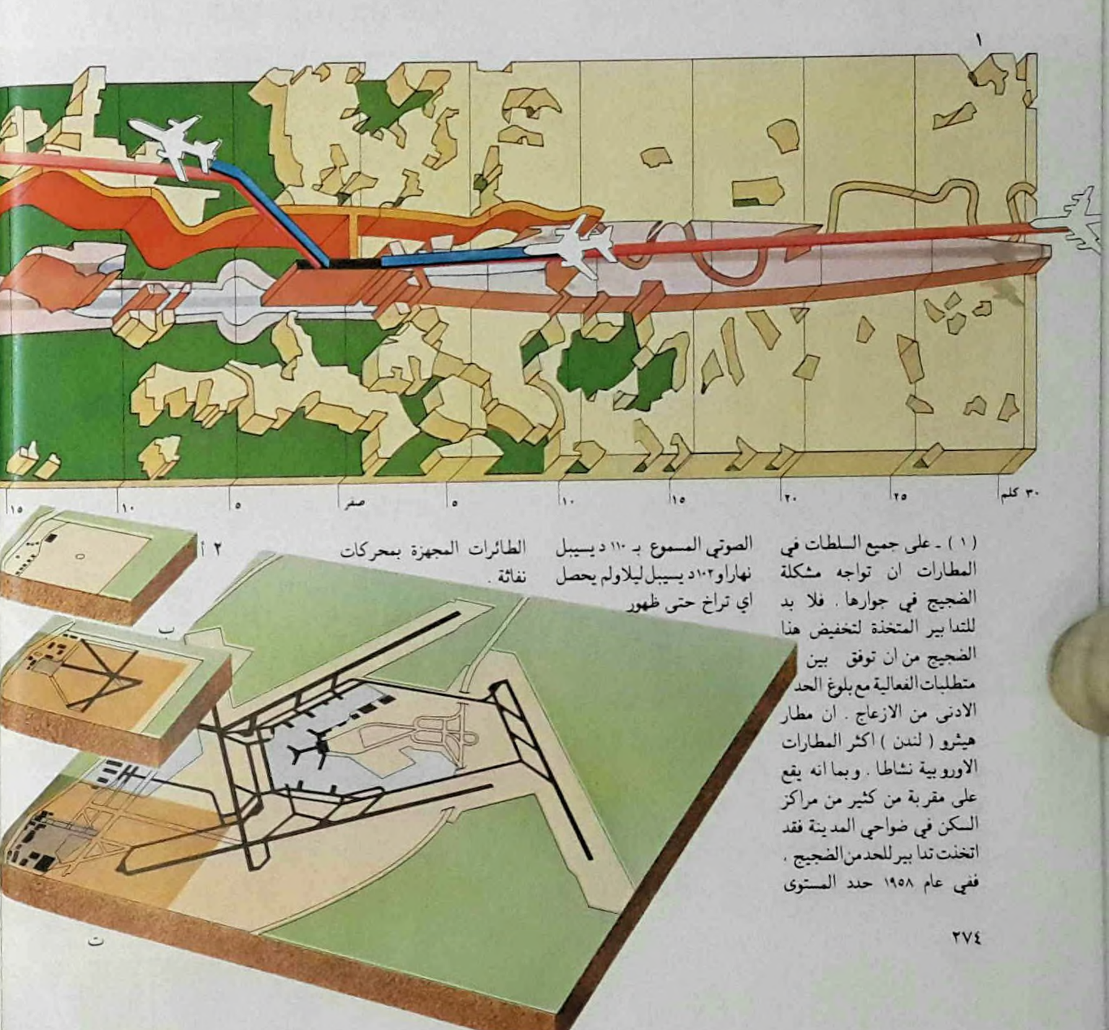
تزداد هندسة الطرق تعقيدا داخل المدن حين تخرج السيارات من الطرق الحرة وتحاول ايجاد مكان للوقوف في انحاء المدينة . تتضمن التدابير المتخذة لتحاشي الازدحام تقييد الوقوف وتعيين الشوارع التي يمنع فيها الوقوف ومنع اللف في وسط الشارع وزيادة عدد الشوارع ذات الاتجاه الواحد ومزامنة الاضواء الخضراء لافساح المجال للسير المتواصل امام السيارات في الشوارع المتزاحمة . في كثير من المدن تتبع سياسة تخفيف عدد السيارات الخاصة بتعزيز وسائل النقل العام والسيطرة على مواقف السيارات او الحد منها . وتوجد الآن في بعض المدن اجهزة تلفزيونية لمراقبة السير من جهاز مركزي يستطيع بواسطتها ضباط السير المتمرسون ارسال اشارات الكترونية لتحويل السير او تحديده . كما توجد قيد الدراسة الان اجهزة طرق نصف اوتوماتيكية يمكن ان تقود الى حركة سير مضبوطة الكترونيا .

المطارات وحركات الطيران

عندما قام اورفيل رايت (١٨٧١ - ١٩٤٨) واخوه ولبور (١٨٦٧ - ١٩١٢) باول طيران آلي في ١٧ ديسمبر ١٩٠٣ في كتي هوك بنورث كارولينا (الولايات المتحدة) احدثا ثورة في مجال النقل . من الناحية النظرية اتاح الطيران نقل الاشخاص والبضائع من نقطة على الارض الى اية نقطة اخرى دونما حاجة الى مشاريع هندسية ضخمة من طرق وجسور وانفاق وموانىء بحرية . بالطبع كانت تسهيلات الهبوط ضرورية ، ولكن قبل العشرينات كانت اية مساحة جافة تفي بهذا الغرض .

حجم المدارج ومتانتها

منذ بداية العشرينات ابرز انشاء خدمات



(١) - على جميع السلطات في المطارات ان تواجه مشكلة الضجيج في جوارها . فلا بد للتدابير المتخذة لتخفيض هذا الضجيج من ان توفق بين متطلبات الفعالية مع بلوغ الحد الادنى من الازعاج . ان مطار هيثرو (لندن) اكثر المطارات الاوروبية نشاطا . وبما انه يقع على مقربة من كثير من مراكز السكن في ضواحي المدينة فقد اتخذت تدابير للحد من الضجيج . ففي عام ١٩٥٨ حدد المستوى الصوتي المسموع بـ ١١٠ ديسيبل نهارا و١٠٢ ديسيبل ليلا ولم يحصل اي تراخ حتى ظهور الطائرات المجهزة بمحركات نفاثة .

نقل الركاب جوا والزيادة في حجم الطائرات ووزنها وسرعتها الحاجة الى منشآت معقدة بما فيها مدارج ملائمة وخدمات للركاب والبضائع. ازداد حجم الطائرات ازديادا سريعا منذ اختراعها فكانت الطائرة تنقل في الثلاثينات حوالى ٢٠ راكبا وتزن حوالى ١٢٠٠٠ كلغ وتحتاج الى مدرج طوله ٦٠٠ م. بينما اصبحت في السبعينات طائرة جمبو النفاثة البالغ وزنها ٣٧٢٢٥٠ كلغ وحمولتها ٥٠٠ راكب تحتاج الى مدرج اقلاع يربو طوله على ٣٥٠٠ م.

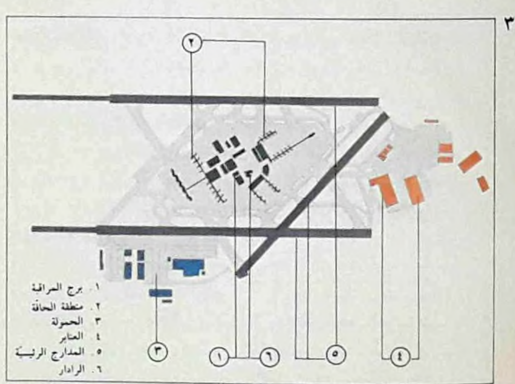
يتراوح اليوم عرض المدرج بين ٥٠ و ٧٠ م وتصل هذه المدارج بمناطق التحميل والتفريغ مدارج اخرى يبلغ عرضها ٢٥ م. لطائرات نقل الركاب الضخمة مجموعة عجلات للهبوط يتوزع عليها وزنها. يتطلب التصميم الحديث للمدارج مقاومة كافية لحمل ١٠٠ طن للدولاب الواحد او ١٢٥ طنا لدولا بين

مسار الطيران ١٩٧٤
المسار قبل ١٩٧١
نطاق المدينة +٥٠ (قياس مستوى الصوت المسموع)
طريق عام
+٨٠ ق.م ص.م
منطقة ريفيّة
مدرج المطار
[منطقة الصوت قبل ١٩٧١]
طيف مسار الطيران
منطقة الصوت ١٩٧٤
٤٥ كلم
٤٠
٣٥
٣٠
٢٥
٢٠

تشتمل التدابير المتخذة لتخفيض الضجيج على الاحتفاظ بمسار طيران معين والاقتراب للهبوط وفقا لزاوية ثابتة تبلغ ٣° على ارتفاع ٣٠٠ م وتخفيض القوة ودرجة الصعود عند بلوغ ارتفاع ٣٠٠ م بعد الاقلاع. وقد تركزت معركة البيئة حول الكونكورد على قضية تعدي الحد الاقصى للضجيج المسموح به.

(٢) - يبين تطور مطار شيفول (امستردام) نمو مطار نموذجي حديث. في عام ١٩٢٠ كان عبارة عن مساحة مستوية للهبوط لا تتعدى الكلم ٢ (أ). في عام ١٩٣٨ بنيت ٤ مدارج قصيرة نسبيا (ب). وفي عام ١٩٦٧ (ت) امتدت حدود المطار امتدادا واسعا فتم تغيير مواقع المدارج وزاد طولها وربطت بينها شبكة من الطرقات وبنيت ممرات لوقوف السيارات. كما توجد مخططات للمزيد من الاتساع.

٣



(٣) - يؤمن المطار المثالي محاور للاقلاع والهبوط بعكس اتجاه الريح السائدة، او تقريبا بعكس اتجاهها. يظهر هنا التخطيط الاساسي لمطار هيثرو (لندن). بما ان الطائرات الثقيلة الحديثة لا تتأثر كثيرا بالرياح الجانبية لم تعد المدارج بشكل نجمة كاملة ضرورية وقد انحصر امتداد المدارج حيث تبدو الحاجة اليه اكثر الحاحا. زيد طول المدارج من وقت الى آخر ليتلاءم مع متطلبات هذه الطائرات الحديثة. ويبلغ اطول المدارج اليوم ٣٩٠٠ م.

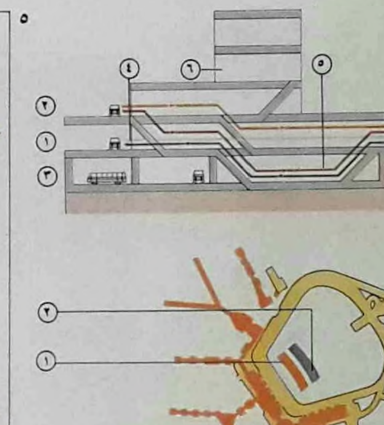
مزدوجين .

لأكثر المطارات المزدحمة مدرجان على الاقل مختلفا الاتجاه (٣) مما يمكن الطائرات من الاقلاع والهبوط بعكس اتجاه الريح السائدة . ان احسن تصميم (بغض النظر عن الضجيج) هو الذي يتخذ شكل نجم ذي ست شعب مع مدرجين في كل الاتجاهات الثلاثة يتقاطعان بزاوية قدرها ١٢٠ درجة .

مواقع المطارات

يجب ان تقع المطارات على اقصر مسافة ممكنة من مراكز السكن الكبرى لكي يظل النقل الجوي متميزا بالسرعة لا سيما في الرحلات القصيرة . فالطيران من هيثرو (لندن) الى شيفول (امستردام) (٢) مثلا يستغرق حوالى ٤٥ دقيقة ، لكن السفر برا من غربي لندن الى هيثرو (٢٤ كلم) ومن شيفول الى وسط مدينة امستردام (١٢ كلم)

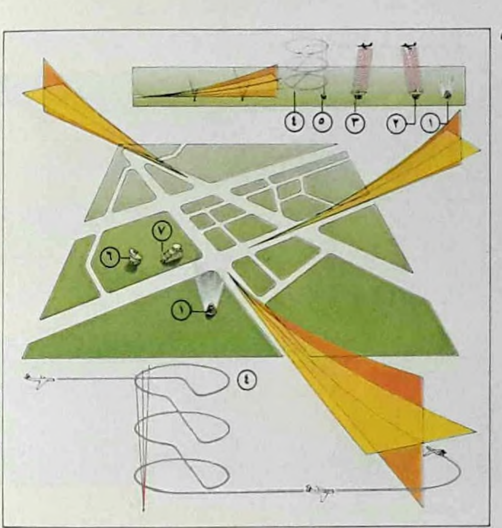
٤



٦

١
٢
٣
٤

٥



(٤) ـ في المطارات الحديثة يسلك الركاب والامتعة طريقين مختلفين لتأمين المزيد من السرعة والفعالية . يبين الرسم البياني تدفق السير الى الطائرة (٢) ومنها (١) . ومنطقة موقف السيارات (٣) ومكاتب الجمارك والضرائب المحلية (٤) وخدمة الامتعة (٥) والمطاعم (٦) .

---

(٥) ـ تشمل مساعدات الملاحة الجوية مرشدات الاشعاع اللاسلكي ذات التردد العالي جدا (١) والتي تعطي عند تقاطع مسارات الطائرات . الاتجاهات الزاوية والمسافة . في المطار ، يعين رادار اولي (٢) حركة السير وينظمها رادار مراقبة (٣) ويحقق هويتها فرديا ويوجهها نحو ارتفاع معين للانتظار (٤) تحلق فيه الطائرة القادمة في دوائر اهليلجية على مستويات متزايدة الانخفاض تتحكم بها منارة لاسلكية (٥) . في معدل حركات الاقلاع والهبوط الحالية لا بد من تنظيم هذه العملية . وعلى كل طائرة ان تنتظر دورها . وعندما تصل الطائرة الى مقربة من الارض يبين الربان مسار الانزلاق المحدد لاسلكيا والمؤدي الى المدرج فيؤمن له ذلك هبوطا سليما حتى في اسوأ حالات الرؤية . و « يرى » رادار المراقبة (٦) في المطار جميع الطائرات على الارض حتى عندما يكون الضباب كثيفا وينسق الموظفون في مركز المراقبة (٧) جميع الحركات بواسطة جهاز ارسال واستقبال لاسلكي . على مقربة من المطارات الكبرى تعيّن مواقع ارتفاع اضافية لتحليق الطائرات الزائدة عندما يتوقف الهبوط بصورة مؤقتة .

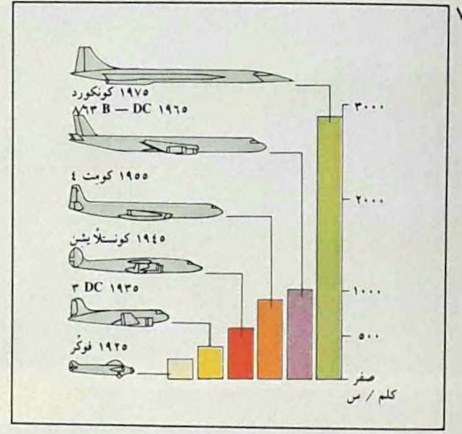
---

(٦) ـ مطار اوهير الدولي في شيكاغو من انشط المطارات في العالم . انه يحتوي على

يستغرق ما لا يقل عن ٩٠ دقيقة وقد يقضي الركاب في المطارين كثيرا من الوقت لانهاء المعاملات الجمركية وانتظار اقلاع طائراتهم .

تحدث الطائرات النفاثة الحديثة ضجيجا قويا . لذلك لا بد ان تخطط مواقع المطارات بحيث تتحاشى ممرات الاقلاع والهبوط المناطق السكنية بقدر الامكان . وتحد القوانين المعمول بها في اكثر البلدان ضجيج الاقلاع (١) المسموع على الارض .

٧



محطتي طيران متعددتي المرابض للطيران الداخلي (١) بالاضافة الى محطة دولية (٢) . تشمل تسهيلاته الاخرى فندقا (٣) ومواقف للسيارات (٤) ومكاتب للتدقيق بجوازات السفر واقساما ادارية للجمارك ووسائل لمعالجة البضائع والحمولات الاخرى وشحنها .

(٧) ـ تقدمت تقنية الطيران بسرعة تفوق سرعة تقدم اكثر وسائل النقل الاخرى . ففي فترة ٥٠ سنة زادت سرعة الطائرات الى ما لا يقل عن ٢٣٣٥ كلم / س في حالة الكونكورد . لذلك عندما تكون المساحة الكلية المتيسرة تحد من زيادة طول المدارج يصبح الحل الوحيد لتأمين السلامة بناء مطارات جديدة في مواضع جديدة . ومما يشك فيه زيادة سرعة الطائرات في المستقبل القريب نظرا للنزاع حول مستويات الضجيج . يظهر الرسم البياني طائرات لنقل الركاب مع سرعاتها القصوى .

خدمات الركاب والبضائع

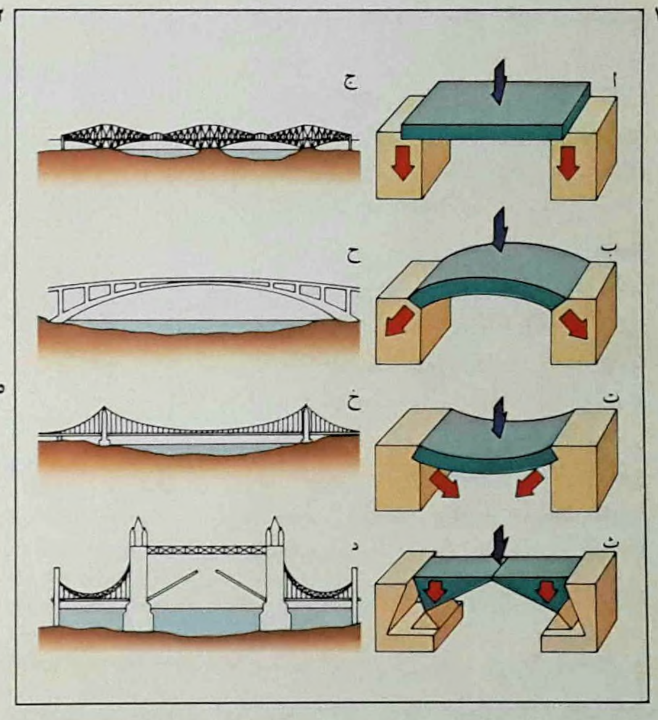
يجب ان تصمم المنشآت المعدة للركاب (٤) في المطارات الحديثة بحيث تؤمن خدمات عديدة متنوعة ؛ مثل حجز الاماكن والتسجيل تمهيدا للسفر وتعبئة الامتعة وشحنها ، وسوق حرة وقاعات انتظار ومطاعم ومراكز تدقيق جوازات السفر وجمرك وموقف للسيارات لفترات قصيرة او طويلة . ولا بد ان تكون الوسائل كافية لتأمين توجيه الحمولات التي تصل من والى الطائرات بين فترات لا تتجاوز دقائق قليلة . وتشتمل منشآت البضائع على مداخل السيارات ومكاتب الحجز والمستودعات واجهزة التعبئة والشحن ومكاتب الجمرك . ومن الضروري ايضا تأمين شرطة المطار وخدمات الاطفاء وسيارات الاسعاف للحالات الطارئة .

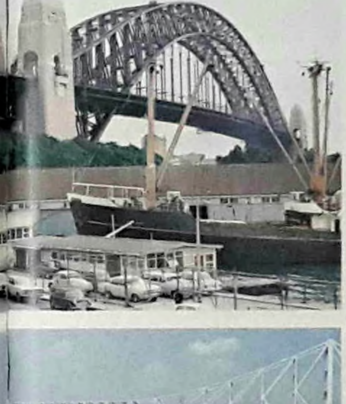
ان وسائل مراقبة الطيران التي تتطلبها المطارات الحديثة كثيرة . فيجب ان يكون برج المراقبة واقعا بحيث يتمكن رجال المراقبة من رؤية جميع المدارج عندما يكون الجو صافيا وان تؤمن اضواء المطار رؤية بالوضوح ذاته اثناء الليل وتمكن الطيارين من تمييز واضح للمدارج عند الاقلاع والهبوط . ولا بد ايضا من اجهزة تلفونية لاسلكية ذات تردد عال جدا لتأمين الاتصال بين البرج وربابنة جميع الطائرات في الجو وعلى الارض .

اما الوسائل المساعدة للهبوط (٥) وهي ضرورية عندما تكون الرؤية رديئة ، فهي تشمل مرشدات اشعاع لاسلكية تبث اشارات مراقبة لتأمين الهبوط الاعمى . والمسح الراداري الكامل ضروري ايضا ليتمكن العاملون من رؤية جميع الطائرات في الظلام وفي الضباب .

الجسور الحديثة

ادى اختراعان في القرن التاسع عشر الى ثورة في بناء الجسور . وهذان الاختراعان هما اسمنت بورتلند وانتاج الفولاذ بالجملة . فالاسمنت هو المادة الاساسية للخرسانة وتستعمل الخرسانة العادية لبناء الركائز والدعائم (الضفاف) وللقناطر المبنية بالحجارة « الاصطناعية » من اي شكل كانت . ان الخرسانة الجيدة الصنع هي متينة جدا عند الضغط (عندما تكبس) لكنها ضعيفة جدا عند الشد (عندما تمدد) . اما الفولاذ فيتحمل الشد والضغط ويمكن استعماله لبناء العارضات التي تفوق متانتها بكثير متانة الروافد الخشبية القديمة . وبامكان اسلاك فولاذية دعم جسور ضخمة .




٢

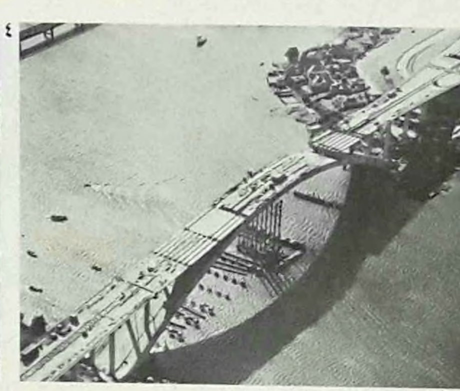

٥

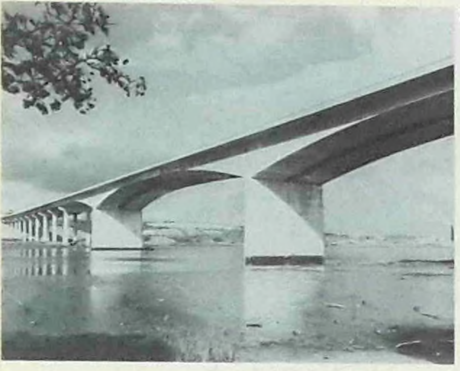
(١) ـ هناك اربعة انواع رئيسية للجسور ، الجسور ذات العوارض (أ) والجسور المقوسة (ب) والجسور المعلقة (ت) والجسور الكابولية (ث) . البنيات الثلاث الاساسية لجسر السكة الجديدة فوق مصب فورث (ج) هي بنيات كابولية والرافدتان الفولاذيتان اللتان تصلان بينها هما عارضتان مثبتتان من طرفيهما . في (ح) العضو السفلي هو الذي يكون القنطرة . للجسر المعلق (خ) طريق معلقة تدعمها اسلاك فولاذية ضخمة والذراعان اللتان ترفعان في جسر برج لندن (ث و د) هما كناية عن عتبتين كابوليتين بينما تربط عارضة نحيفة بين رأسي البرجين .

الجسور المصنوعة من الخرسانة المسلحة

يمكن ايضا استعمال هاتين المادتين الجديدتين ، الخرسانة والفولاذ معا . فليس من الضروري ، مثلا ، تصميم بناء من الخرسانة بحيث تكون المادة كليا في حالة ضغط لانه بالامكان استعمال قضبان من الفولاذ لتتحمل الشد .

تغلب المهندس الفرنسي اوجين فريسينه (١٨٧٩ - ١٩٦٢) على ما تبقى من ضعف في الخرسانة المسلحة (هذا الضعف الناتج عن ان الفولاذ المشدود يتمدد فيؤدي ذلك الى تمدد الخرسانة حوله والى تشققها في اكثر الاحيان) باستعماله اسلاكا فولاذية عالية المتانة ومشدودة مسبقا لتقويتها . مكنت هذه التقنية فريسينه من تطبيق مبدأ الخرسانة المسبقة الاجهاد التي تم تحميلها وهي بحالة الضغط كي لا تتعرض لأي شد . كانت النتيجة مادة متعددة الاستعمالات لدرجة







(٢) - جسر مرفأ سدني هو اطول جسر فولاذي مقوس . انه يحمل ٤ سكك حديدية وطريقا بستة خطوط على امتداد طوله ٣٠٥ م ويقع على ارتفاع ٥٢ م فوق الماء . فتح للسير عام ١٩٣٢ .

(٣) - جسر غليدزفيل فوق نهر برمتا في سدني باستراليا هو اطول جسر في العالم مصنوع من الخرسانة . فرغ من بنائه عام ١٩٦٤ . طوله ٣٠٥ م وتمر فوقه طريق بثمانية خطوط (مسارات) .

(٤) - جسر مدوي في جنوبي شرقي انجلترا اطول جسر كابولي مصنوع من الخرسانة المسبقة الاجهاد . يتألف مديده الرئيسي البالغ طوله ١٥٠ م من ذراعين كابوليتين طول الواحدة منهما ٦٠ م وتصل بينهما عارضة معلقة طولها ٣٠ م . افتتح للسير عام ١٩٦٣ .

(٥) - يأتي جسر هوارا في كلكتا (الهند) خامس جسر كابولي في العالم من حيث الطول اذ يمتد على طول ٤٥٣ م . تتكون الدعامتان الرئيسيتان الجوفاوان لهذا الجسر من ٢١ جذعا عاموديا وقد افتتح هذا الجسر عام ١٩٤٣ .

(٦) - يتزايد اليوم استعمال الجسور المؤلفة من عارضات صندوقية بسبب ارتفاع نسبة مقاومتها الى وزنها . كثيرا ما يستلزم جسر من هذا النوع بناء كابولات طويلة خارج خدود الدعامة (١) . تفرض هذه الطريقة اجهادا على البنية (٢) يزول بعد نهاية العمل .

مكنت من استعمالها لبناء جسور اكثر متانة وخفة واكثر جمالا من الناحية المعمارية .

انواع الجسور

هناك اربعة انواع رئيسية من الجسور : الجسور ذات العارضة ، والمقوسة والمعلقة والكابولية (١) . فالجسر ذو العارضة مؤلف ، في الواقع ، من رافدتين تحملان سطحا يغطي المسافة بين ركيزتين . على هذه العارضة ان تقاوم الضغط في قسمها الاعلى والشد في قسمها الاسفل . عندما تمر العارضة فوق دعامات تدخل عوامل اخرى في الحساب . قد تكون العارضة عارضة صندوقية جوفاء او هيكلا مفتوحا او دعائم معدنية .

يمكن تصميم الجسر المقوس بحيث لا يتحمل اي جزء من اجزائه قوة الشد . فالخرسانة اذن تناسب الجسر المقوس تماما . عندما تستعمل الخرسانة المسلحة يصبح

٧



٨

(٧) - تؤدي هذه المجموعة من الطرق الفرعية الى تقاطع الطرقات الرئيسية في كوبلي هل برمنفهام بانجلترا . تشكل طريق استون المرتفعة المعدة للنقل السريع والتي ترى في مقدمة الصورة خير مثل لجسر ذي عارضة مصنوع من الخرسانة المسلحة .

(٨) - لجسر البوسفور في استانبول الذي دشن عام ١٩٧٣ مسافة امتداد طولها ١٠٧٤ م . يشكل هذا الجسر مثالا للاتجاه الحديث في بناء الجسور وهو اخف بكثير و بالتالي اقل كلفة من اي جسر معلق سابق له .

٩



(٩) - مفرق طرق غرافلي هل ، بالقرب من مدينة برمنفهام بانجلترا الذي يرى هنا قيد الانشاء كناية عن مجموعة متشابكة من العارضات الصندوقية ، مع عوارض بسيطة تحمل الوصلات المختلفة لمواضع الاتصال الحر الواقعة الواحد فوق الاخر ويحمل عدد كبير من اعمدة الخرسانة العارضات العديدة . هذا العمل بكليته هو مثل رائع للمهارات المشتركة للهندسة المدنية وهندسة تنظيم السير .

بالامكان تصميم جسور اكثر اناقة واقل كلفة احيانا وفي الواقع اكثر خرسانة الجسور المقوسة تكون مسلحة .

يتألف الجسر المعلق اساسا من سطح يحمله سلكان او اكثر معلقان ببرجين عاليين . يستطيع هذان السلكان المصنوعان من الفولاذ ذي مقاومة الشد العالية تحمل وزن هائل . تكون الابراج في حالة ضغط ويعلق السطح ، الذي كثيرا ما يكون رافدة طويلة ضيقة (مستعملة كعارضة جوفاء) مدعمة على مسافات متقاربة .

تحمل الجسر الكابولي عادة رافدتان كل واحدة منهما مثبتة في طرفها . وبعكس الرافدة البسيطة المثبتة في طرفها ، على الكابول ان يقاوم الشد في نصفه الاعلى والضغط في نصفه الاسفل .

هناك ايضا انواع عديدة من الاشكال المركبة للجسور . فبالامكان مثلا جمع عارضة طويلة (تكون عادة عارضة جوفاء) تثبتها جزئيا اسلاك فولاذية مشدودة الى برج في احد طرفيها او الى برج في كل من طرفيها . تصمم اكثر الجسور الكابولية بحيث تظل فرجة بين ذراعين كابوليتين ممتدتين من ركيزتيهما ، وتغطي هذه الفرجة عارضة بسيطة . للجسور المتحركة ، كجسر برج لندن الشهير ، ذراعان كابوليتان او قلابتان .

لا يتألف الجسر من الجزء الممتد الطولي فقط ، اذ بدون اساسات صحيحة للدعائم او الابراج ينهار البنيان باكمله . ولأكثر الجسور الحديثة اساسات من الخرسانة المثبتة عادة في قاعدة صخرية . لا بد ان يصمم الجسر بحيث يصمد في وجه التعرية الناجمة عن المد والجزر وصدمات الكتل الجليدية وحتى الزلازل الخفيفة .

الحدود النظرية لمسافة امتداد الجسر

يحمل الجسر حمولتين ، الحمولة النافعة وهي حمولة حركة السير ، بالاضافة الى وزنه وهو الحمولة الساكنة . وهكذا كلما زادت المسافة بين ركائز الجسر ازدادت حمولته الساكنة . لذلك يوجد حد نظري لهذه المسافة لكل مادة يبنى بها ولكل طريقة من طرق البناء . ويمكن اجراء مقارنة لهذه الحدود بين الانجازات الحالية التي استخدمت فيها مواد حديثة . فاطول القناطر الفولاذية الموجودة هي قناطر جسر بايون بنيويورك التي يبلغ طولها ٤٩٦ م . وقناطر جسر مرفأ سدني باستراليا التي يبلغ طولها ٥٠٣ م (٢) .

اطول جسر كابولي من الفولاذ هو جسر كويبيك بكندا (٥٤٠ م) الذي يعتبر بناؤه انجازا رائعا لانه تم عام ١٩١٨ . والحد الاقصى النظري لهذا النوع من الجسور هو ٧٥١ م . واطول قنطرة من الخرسانة المسلحة هي قنطرة جسر غليدزفيل في سدني باستراليا وطولها ٣٠٥ م (٣) .

للجسور المعلقة الحديثة امكانيات امتداد اكبر ، واطول هذه الجسور التي بنيت حتى الان جسر فيرازانو ناروز ، على مدخل مرفأ نيويورك ، البالغ طوله ١٢٩٨ م . وسيصل الرقم القياسي الى ١٤١٠ عندما يكتمل بناء جسر همبر الجديد في بريطانيا . تحمل الجسور المعلقة الان الارقام القياسية في الامتداد وامكانياتها ما تزال كبيرة . ويعتبر المهندسون ذوو الخبرة ان المواد المتوافرة اليوم تمكن من بلوغ ٣٠٠٠ م .

بناء الاقنية

تؤمن الاقنية الحديثة طرق نقل مهمة عبر اوروبا ، وبدرجة اقل ، عبر امريكا الشمالية . يغذي نهر الرين والموزيل شبكة واسعة من الاقنية في المانيا تتصل بالاقنية الهولندية والبلجيكية والفرنسية . يتم الآن بناء طريق مائي رئيسي يصل نهر الرين بالبحر الاسود عبر نهري الماين والدانوب ، وقد تم بناء شبكة واسعة عبر الاتحاد السوفييتي حول انهار فولغا واوب وينيسيي ولينا .

الاقنية القديمة والاقنية الحديثة

ان اهم الانجازات الاربعة في هندسة الاقنية كانت بلا شك قناة السويس (٨) التي دشنت عام ١٨٦٨ وقناة بنما (٩) التي

١



٢



(١) - يشكل نظام اقنية مسيسبي وأوهايو شبكة اقنية من اوسع الشبكات في العالم . فهي تغطي ثلثي مساحة الولايات المتحدة . فالكثير من الانهار صالح للملاحة وقد بنيت اقنية للربط بين مجاري مياه اخرى وتوسيع النظام لتأمين طريق مائي من نيو أورلينز في الجنوب الى شيكاغو وسانت لورانس ثم الى نيويورك مباشرة عن طريق نهر أوهايو . وكانت مدينتا بتسبورغ وفيلادلفيا ايضا في القرن التاسع عشر تقعان على شبكة اقنية تتصل بنهر كولومبيا وخليج تشيزابيك . وهناك ايضا اتصال مباشر بين نيويورك ونهر سانت لورانس .

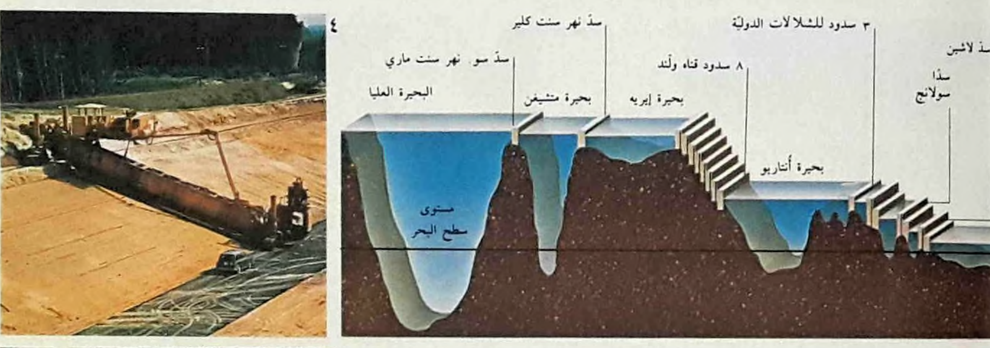
(٢) - لا بد ان يظل عمق القناة الملاحية مؤمنا بدقة لئلا ترتطم السفن بالقاع فيؤخر ذلك الملاحة لا بالنسبة الى هذه السفن فقط بل بالنسبة الى جميع السفن الاخرى على طول القناة . تستعمل لهذه الغاية جرافات من عدة انواع . لهذه الجرافة القاطعة قائمتان ترتكز عليهما لمقاومة عمل القاطعة الدوارة . يسحب انبوب ماص متصل بالقاطعة الحطام ويفرغه بعيدا عن الجرافة .

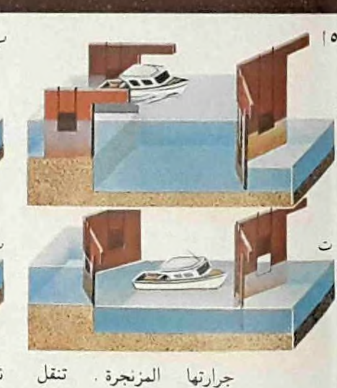
(٣) - يؤمن طريق سانت لورانس المائي ممرا داخليا طوله ٣٨٣٠ كلم يمكن بواخر المحيط الاطلسي من الوصول الى قلب كندا والولايات المتحدة . يبلغ ارتفاعه من مونتريال الى بحيرة انتاريو ٥١,٥ م ويمر ببحيرتين صغيرتين وثلاث اقنية وسبعة هواويس . يتجنب الطريق المائي بين بحيرة انتاريو وبحيرة اري شلالات نياجرا ويرتفع ٩٨ م على مسافة ٤٥ كلم عبر ٨ هواويس على قناة ويل اند شيب . من بحيرة اري يمر الطريق المائي بدترويت ونهر سانت كلير ثم يصل الى بحيرة هيورُن . تتصل هذه البحيرة مباشرة ببحيرة مشيغن عن طريق مضيق مكيناك وبذلك تربط القناة مرفأ شيكاغو بالبحر .

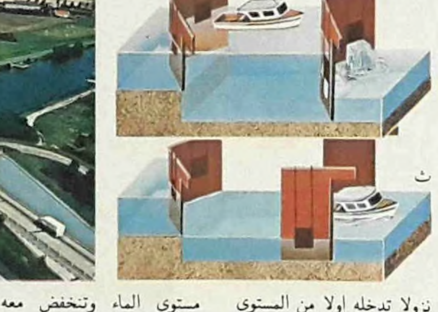
(٤) - تتضمن تقنية هندسة بناء الاقنية استعمال الات تبطين خاصة كما هي الحال في قناة نهر الاردن . يلقي سير ناقلة الخرسانة الرطبة بطبقات منتظمة سماكتها ١٠ سم بينما تتحرك الالة الى الامام على

انجزت عام ١٩١٤ وقناة سانت لورنس (٣) التي فتحت عام ١٩٥٩ والـ ٣٢٠ كلم من الاقنية التي تربط بين البحر الابيض وبحر البلطيق في الاتحاد السوفييتي والتي فتحت عام ١٩٧٥.

من اقدم الآثار المكتوبة عن قناة من صنع الانسان تقرير يتحدث عن قناة بناها الفرعون بطليموس الثاني (المتوفي عام ٢٤٧ ق . م) لتربط النيل بالبحر الاحمر. كما استعملت مجاري المياه الطبيعية الداخلية مثل الانهار الكبرى كطرق للنقل منذ اقدم العصور. كما ان المعلوم ان الصين استعملت نظام الهويس ذي البوابة الواحدة منذ ٥٠٠ ق . م . وكان هذا الهويس عبارة عن فتحة في سد صغير يتدفق منها الماء. كانت السفن تسير باتجاه مجرى النهر تحت تأثير دفع المياه او تجر بالحبال بالاتجاه المعاكس. يبدو ان هويس حقيقي كان الهويس ببابين الذي بني عام ١٣٧٣ في









جرارتها المزنجرة. تنقل الشبكة الماء الى مسافة ٢٨ كلم جنوبي طبرية في قناة مكشوفة تغذي خط انابيب يمتد بعيدا نحو الجنوب.

---

(٥) ـ عندما تعبر سفينة هويسا نزولا تدخله اولا من المستوى الاعلى (أ) وتنغلق البوابات وراءها. عندئذ تنفتح السكور في الابواب السفلى او حولها (ب) فتتمكن الماء من الانضباب عبر الهويس الى المستوى الاسفل فينخفض مستوى الماء وتنخفض معه السفينة. عندما يصبح مستوى ماء الهويس بمستوى ماء القناة الاسفل (ت) تنفتح البوابات السفلى (ث).

---

(٦) ـ كثيرا ما يكون انشاء قنطرة مائية فوق طريق ضروريا من الناحية الاقتصادية كما هي الحال هنا في هولندا. بما ان الماء يملأ القناة لا بد من بنائها كليا على مستوى واحد او على مستويات مختلفة تصل بينها هواويس.

فريسويك بهولندا والذي كان يتم التحكم به بتدفق الماء عن طريق رفع البابين او خفضهما . واول بناء بابواب قلابة محدبة الاطراف ، من النوع الذي ما يزال مستعملا حتى اليوم ، صممه ونفذه ليوناردو دا فنتشي (١٤٥٢ ـ ١٥١٩) عندما كان مهندسا في خدمة دوق ميلانو . عندما تنغلق الابواب المحدبة الاطراف تشكل زاوية باتجاه اعلى النهر بحيث يحتفظ ضغط الماء بها مغلقة .

في عام ١٦٨١ حقق المهندسون الفرنسيون عملا تاريخيا عندما انجزوا قناة الجنوب (قناة ميدي) التي يبلغ طولها ٢٥٠ كلم والتي تربط بين المحيط الاطلسي والبحر المتوسط . كان لهذه القناة اكثر من هويس وكانت تصل نهر الغارون بالقرب من تولوز بنهر ايتان دي تو بالقرب من سيت وهي تحتوي على ٣ قناطر مائية ونفق .

كانت العقبة الكبرى لتطور الصناعة في



مخطط يظهر فيه مجموع عدد سفرات الشحن (بالآلاف) .

(٧) ـ كانت شبكة من اقنية الري في البنجاب الغربي (أ) احد الانجازات الهندسية الكبرى في القرن التاسع عشر . كانت تغذي هذه الاقنية مياه جارية من نهر الهندوس وروافده بفضل بناء سدود كبيرة . حولت هذه الشبكة منطقة تبلغ مساحتها نصف مساحة انجلترا الى اخصب ارض لانتاج المواد الغذائية في شمال الهند (ب) .

(٨) ـ فتحت قناة السويس بعد عشر سنوات من العمل الشاق ، فقد حفرت بالايدي المصرية في الصحراء . تربط القناة البحر الاحمر بالبحر المتوسط على مسافة طولها ١٦٩ كلم وعرضها ١٥٠ م وعمقها ١٠ امتار على الاقل .

(٩) ـ تصل قناة بنما المحيط الاطلسي بالمحيط الهادىء وتمكن سفنا يصل طولها الى ٣٠٦ م وعرضها الى ٣٤ م تحاشي السفر حول جنوبي امريكا . من جهة المحيط الاطلسي تنتهي قناة طولها ١١ كلم مبنية بمستوى سطح البحر الى هويس غاتون (١) وتؤدي الى بحيرة غاتون (٢) البالغ ارتفاعها ٢٦ م فوق سطح البحر . ثم يؤدي ممر غيار كوت (٣) وهويس بدور ميغال (٤) الى بحيرة ميرافلوريس (٥) على ارتفاع ١٦ م فوق سطح البحر . تصل هواويس ميرافلوريس (٦) الى مستوى المحيط الهادىء .

اوروبا وفي الولايات المتحدة في القرن الثامن عشر ضعف وسائل النقل الداخلي . لذا فان حاجات الصناعة هي التي ادت الى فجر عهد الاقنية على كل من جانبي المحيط الاطلسي .

في الولايات المتحدة بنيت اقنية لتربط حوضي اوهايو والمسيسيبي (١) بموانىء الساحل الشرقي لتؤمن طرقا تؤدي من المناطق الداخلية الى الانهار الصالحة للملاحة وتخطي العقبات الطبيعية على مجاري هذه الانهار . كان اهم الانجازات الامريكية الاولى اتمام قناة اري في عام ١٨٢٥ ، البالغ طولها ٥٨٠ كلم والتي تصل مدينة نيويورك ببحيرة اري . استغرق بناؤها ثماني سنوات وفيما بعد تم ربط البحيرة بواسطة الاقنية بنهر اوهايو وبالتالي بنهر المسيسيبي وبمرفأ نيو اورلينز .

مع حلول عام ١٨٥٠ كان يقطع انجلترا اكثر من ٨٠٠٠ كلم من الانهار والاقنية الصالحة للملاحة . كما بنيت الاقنية في جميع انحاء اوروبا ولاسيما على طول سواحل بحر الشمال في هولندا وبلجيكا وفرنسا .

في القرن التاسع عشر صُممت شبكة ري في شمال غربي الهند (٧) ونفذت لكي تعمل على مدار السنة اشتملت على سدود هائلة مبنية عبر الانهار لتحويل قسم من المياه الى شبكة واسعة من الاقنية . ومع عام ١٩٤٧ كان لشبه القارة الهندية اكثر من ٢٠ مليون هكتار من الاراضي المروية التي كانت من قبل قاحلة .

تقنية هندسة الاقنية

تبنى الاقنية ، ليس كما تبنى الطرق ، بل مجزأة على مستويات مختلفة . المشكلة الاولى التي تعترض مهندسيها هي اختيار المسلك الذي يجب ان يمر به المستوى الواحد باقل ما يمكن من الاشغال الهندسية . تحل هذه المشكلة بجعل القناة تسير على ابعد مسافة ممكنة مجارية للتضاريس الطبيعية . عندما تعترض القناة ارض مرتفعة لا بد من حفرها على العمق المناسب او من حفر نفق . وعندما يكون هناك انخفاض لا يمكن تجنبه ، يكون الحل الانسب بناء القناة على سد منخفض .

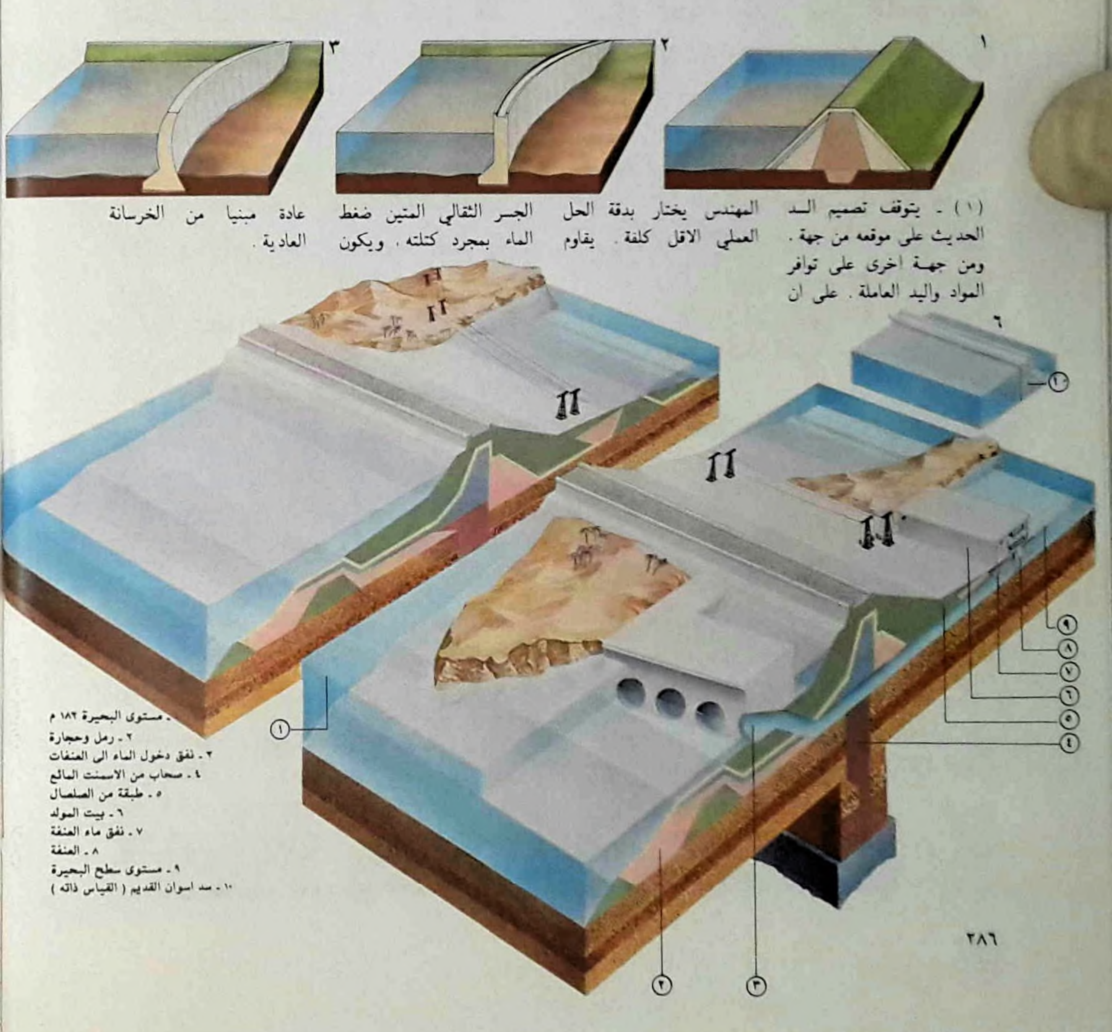
اينما تبنى الاقنية لا بد ان تعترضها عقبات من طرق وسواق وانهار . اذا كانت العقبة طريقا او سكة حديدية لا بد من بناء جسر . اما اذا كانت مجرى ماء فلا بد ان تمر القناة او مجرى الماء فوق قنطرة مائية (٦) . وعندما يبنى هويس يجب ان يكون في المستوى الاعلى من الماء ما يكفي للحلول محل الماء الذي يسيل عند فتح الابواب (٥) .

ينبغي الا تفقد القناة كثيرا من الماء عن طريق التسرب في التربة . وحيث تكون التربة نفيذة وحيث تمر القناة فوق سد من صنع الانسان على المهندس ان يجعل القعر والجوانب كتيمة للماء . في السابق كان ذلك يتم بتبطينها بالصلصال الممزوج بالملاط . اما اليوم فتوجد مواد بديلة بما فيها المواد القيرية والبوليثين الصفحي والخرسانة . كما توجد اليوم آلات لمد غطاء متصل من الخرسانة باقل ما يمكن من الكلفة (٤) ويتزايد استعمالها في الشرق الاوسط وبعض المناطق القاحلة الأخرى لأقنية الري التي تنقل الماء الى مسافات بعيدة .

بناء السدود

كان تأمين المياه العذبة الضرورية للحياة دوما الشغل الشاغل للانسان . فمنذ ٥٠٠٠ سنة استعمل السدود لتلافي الفيضانات وتحويل الانهار وتخزين الماء وري الاراضي . وكثير من الانشاءات الحديثة ما يزال يؤدي وظائف الازمنة القديمة فالسدود تستعمل لري المزروعات وتخزين المياه البيتية بالاضافة الى اغراض اكثر تعقيدا كتوليد الطاقة الكهربائية واستصلاح الاراضي والتحكم بالتاكل الناجم عن الفيضانات والحؤول دون تراكم الطمي .

طور المهندسون خلال القرن التاسع عشر استخدام الحواجز لتحويل جزء من مياه الانهار الى اقنية للري والاستفادة منها على



(١) - يتوقف تصميم السد الحديث على موقعه من جهة . ومن جهة اخرى على توافر المواد واليد العاملة . على ان المهندس يختار بدقة الحل العملي الاقل كلفة . يقاوم الجسر الثقالي المتين ضغط الماء بمجرد كتلته . ويكون عادة مبنيا من الخرسانة العادية .

نطاق واسع ، في البنجاب شمالي الهند ، كما انشىء سد من هذا النوع على النيل اتاح للمياه من المرور فوقه خلال طوفان فصل الصيف بينما شكل خزانا لتغذية اقنية الري في فصل الربيع واول فصل الصيف . بهذه الطريقة تحولت مساحات واسعة من الارض الجافة الى اراض زراعية .

مكن تطور المواد والتقنيات الهندسية الحديثة منذ ذلك الحين ليس فقط من تحويل مجرى جزء من الانهار وحسب بل من الاحتفاظ بالماء وتخزينه بصنع بحيرات هائلة وراء سدود متينة .

من الامثلة النموذجية الاولى سد هوفر على نهر كولورادو في الولايات المتحدة . تم بناء هذا السد عام ١٩٣٦ وهو يشكل خزانا يحتوي على ٣٨٠٠٠ مليون م ٣ من الماء ، وتولد المياه المتدفقة من عنفاته ١٣٤٠ ميغاواط .

(٢) - يعمل السد المقوس كجسر ذي قنطرة مثبت على جانبه ويقع الثقل على طرفيه .

(٣) - الجسر المزدوج التقوس . وشكل قشرة البيضة هذا يزيد في متانته .

(٤) - تزوّد السدود الطويلة المستقيمة عادة بدعائم لتقويتها .

(٥) - يبنى الكابول العمودي من الخرسانة المسبقة الاجهاد وتوضع في جداره اسلاك فولاذية مشدودة .

(٦) - السد العالي في اسوان بمصر تم بناؤه عام ١٩٧٠ وبلغت اكلافه ٢٠٠٠ مليون ليرة سترلينية . بلغ ارتفاعه ١١٠ م . طول بحيرة عبد الناصر التي شكلها ٥٠٠ كلم وتستوعب ١٦٤٠٠٠ مليون م ٣ من المياه للري وصيد الاسماك وتوليد الطاقة الكهربائية .

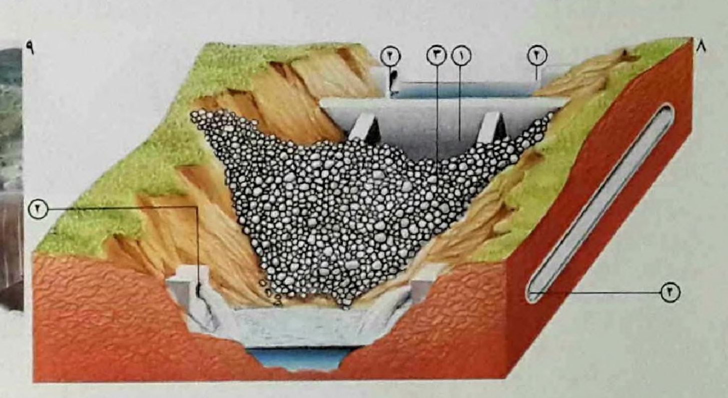
(٧) - لبناء سد من التراب يبدأ العمل بحفر خندق حتى الوصول الى طبقة صخرية كتيمة . تحفر هذه الطبقة وتحقن بالاسمنت اولى الطبقات الكتيمة (التي تكون عادة من الصلصال) في الخندق (١) . بعد ذلك ، تضاف طبقات متعاقبة من الصلصال (٢) وتملس الى ان تصبح متراصة تماما . بعد ان يصبح هذا الاساس ناجزا تكون نواة السد وحدها من مواد كتيمة (٣) . يبنى ما تبقى من السد بطبقات من اي تراب كان (٤) . يغطى المنحدر باتجاه اعلى النهر (٥) بالحصى (٦) ثم بحجارة تدعى حجارة الدكة (٧) للحؤول دون التأكل . من ناحية مجرى النهر (٨) تغرس نباتات (٩) على المنحدر لتأمين استقراره . تبنى عادة قناة (١٠) في المنحدر لتصريف المياه الفائضة في اوقات الفيضانات .

تصميم السدود

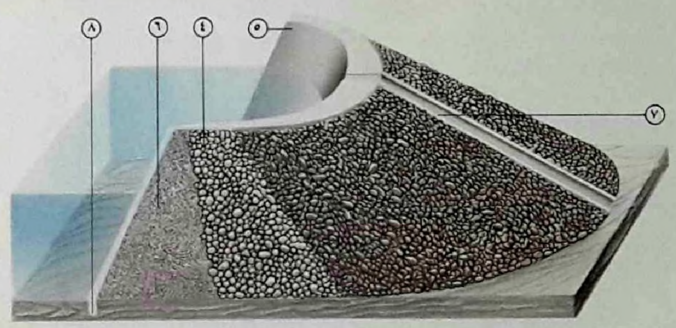
هناك نوعان رئيسيان من السدود الحديثة ، السدود المبنية من التراب وركام الصخور ، والسدود المبنية بالخرسانة المسلحة او غير المسلحة . النوع الاول هو اقدمها وهو اجمالا اقلها كلفة اليوم لانه لا يحتاج الى الكثير من الايدي العاملة . وهذا النوع يشمل اطول السدود في العالم كسد نوريك في الاتحاد السوفييتي (طوله ٣١٠ م) وسد اورفيل في الولايات المتحدة (طوله ٢٣٤ م) . يبنى هذا النوع بتراب وصخور طبيعية موجودة في الجوار ويتألف اساسا من نواة ترابية مركزية لايقاف الماء يدعمها من الجانبين المزيد من التراب والصخور . تحول « احجبة مرشحة » بين الطبقات المختلفة دون تسرب الحبيبات الدقيقة من طبقة الى فراغات الطبقة التالية .

يناسب هذا النوع من السدود جميع

٨



٩



(٨) ـ لا بد من تحويل النهر قبل بناء سد عليه . فمن الضروري اذن بناء سد انضاب موقت (١) وتحويل المياه الى انفاق (٢) . عندئذ يبنى السد الدائم وراء سد الانضاب . توضع اولا النواة الصخرية (٣) لهذا السد الثقالي وترص . ثم تضاف طبقة من الحصى (٤) والتغليف الكتيم (٥) الى جهة الخزان (٦) . بينما توجه قناة المياه الفائضة نحو اسفل النهر (٧) . اصبح من الضروري الان الا يحدث اي هبوط . يكون التغليف الكتيم مملطا مع صخور الاساس (٨) للحؤول دون تسرب الماء تحت السد . يدمج عادة سد الانضاب بالسد الدائم .

(٩) ـ يشكل سد نهر تشوبوق ، على ١٠ كلم شمالي انقره الحديثة ، خزانا يستوعب ١٠ ملايين م ٣ . تؤمن هذه البحيرة الاصطناعية الهائلة اكثر المياه العذبة لمدينة انقره . وهناك محطة كهرمائية لاستثمار طاقة الماء المتدفق . يقع هذا الانجاز الهندسي المهم في واد جميل تكسوه الغابات وقد اسهم الى حد بعيد في تطور تركيا الشرقية الصناعي . وقد جعل منه ايضا منطقة للملاهي ومركزا سياحيا وفيه كازينو ووسائل أخرى للتسلية .

المواقع تقريبا لانها تتحمل بعض الهبوط في اساساتها وهي لا تحتاج الى جوانب اودية متينة . ويحول خندق عميق يملؤه الصلصال او الطين المرصوص او الخرسانة دون تسرب المياه تحت السد . كما تجمع سلسلة من الآبار المحفورة تحت مرتكزات دعم السد المياه المترشحة وتعيدها الى مجرى النهر .

تتيح متانة ركام الصخور بناء هذا النوع من السدود عند المنحدرات القوية ، ومن السدود الاقل كلفة ما يبنى من ركام الصخور وتكسى جهة الخزان بطبقة كتيمة من الخرسانة القارية .

للسدود المبنية بالخرسانة عدد من التصميمات ، ابسطها هو السد الثقالي ، الذي يحول ثقله دون انهياره تحت ضغط الماء المخزون ، اي كما يعمل مسند الكتب . كما يمكن التقليل من حجم المواد المستعملة بواسطة دعامات .

اما السد المقوس وهو بناء اكثر تطورا فهو يشبه جسرا مقوسا مثبتا على جانبه . يصمم انحناء القوس بحيث تظل الخرسانة (وهي الضعيفة تحت ظروف الشد) باستمرار تحت تأثير الضغط . لنجاح هذا النوع من السدود لا بد من ان يثبت الطرفان تثبيتا متينا في صخور جانبي الوادي .

وارق انواع السدود الذي تبقى فيه الخرسانة تحت الضغط هو السد ذو القبة المزدوجة التقوس . هذا السد له شكل نصف بيضة يواجه سطحها المحدب ضغط خزان الماء .

اساسات السدود

يملأ المهندسون عادة الشقوق في صخور الاساس بغطاء من الاسمنت المائع بينما يقود نظام للتصريف مياه الترشيح بعيدا لمنع تراكم الضغط تحت السد . وتحفر عادة سلسلة من آبار التصريف في الصخر انطلاقا من سرداب يساير طول السد .

لبناء اساسات السد اثناء تدفق المياه يحول المهندسون عادة المياه بواسطة نفق محفور في جانب الوادي حول موضع السد قبل المباشرة ببنائه (٨) . بعد ذلك يقام سد موقت لتحويل الماء الى النفق ثم يبنى السد على الارض الجافة تحت هذا السد الموقت .

يجب ان يزود بناء السدود بطريقة لتصريف المياه الفائضة عند الفيضان دون ان ينتج عنها اي تأكل . تصرف هذه المياه بواسطة احدى الطرق الثلاث التالية ، قناة تصريف من الاسمنت على مستوى دون مستوى قمة السد ، او نفق تصريف - تكون فتحته عادة بشكل قمع يؤدي عموديا الى اسفل نقطة منخفضة من الخزان ، او قناة او نفق ينطلقان من نقطة بجانب الخزان ويصبان الماء في المجرى تحت السد .

السدود الكبرى الحديثة :

اكبر السدود في العالم (بالنسبة الى سعة خزاناتها) هي ، سد شلالات اوين في اوغندا الذي بني على نيل فيكتوريا عام ١٩٥٤ وسعته ٢٠٥ مليارات م ٣ محجوزة وراء سد ثقالي . وسد براتسك في الاتحاد السوفييتي بني على نهر انغرا عام ١٩٦٤ (١٦٩ مليار م٣) وهو سد ثقالي مبني من الخرسانة ، والسد العالي في اسوان (٦) (١٦٤ مليار م٣)الذي اكتمل بناؤه على النيل عام ١٩٧٠ من الصخور الركامية .

معالجة مياه المجارير

منذ ان تحضر الانسان مقيما له مستوطنات ثابتة ، برزت في وجهه مشكلة التخلص من مياه المجارير والنفايات العضوية البشرية واحيانا ايضا من نفايات الحيوانات الداجنة .

تتخلص الطبيعة من المواد العضوية الفائضة بوسائل رئيسية اربع : التشعشع والتأكسد والتعفن والترشح . كان الانسان البدائي يعتمد على هذه الوسائل الطبيعية ، فيلقي بنفاياته في الحقول ، حيث كانت تتنقى بعد ان يترشح في التربة ما فيها من رطوبة ، أو عندما يسقط المطر على النفايات الصلبة منها ، تتحلل وتتأكسد وتصبح مخصبات طبيعية للتربة .

كانت شبكة الاقنية الاصطناعية التي بناها

١

(١) ـ تستعمل عدة طرائق في اشغال التنقية النموذجية الحديثة لمعالجة مياه المجارير . تقوم المرحلة الاولى على الغربلة او الترشيح لازالة المواد الصلبة من تلك المياه بما فيها الحصى الثقيلة . ثم تحرق النفايات الناجمة عن الغربلة للقضاء على الكائنات الحية المجهرية العالقة فيها وجعلها غير مؤذية . فيما تترسب الحصى الدقيقة تحت تأثير الجاذبية . في المرحلة الثانية ، توجّه المياه بعد غربلتها وتنقيتها من الحصى نحو احواض للترسب حيث تزال المواد الصلبة المتبقية عالقة في الماء . وهذا ما يقلل من تلوث مياه المجارير السائلة الى اكثر من النصف . وبما ان الترسب بالثقل عملية بطيئة ، تكون عادة الاحواض المخصصة له عديدة وواسعة . بعد ذلك يعالج كل من الحمأة والمياه الصافية على حدة فتنتقل المياه الصافية الى احواض التهوئة حيث تقضي بكتريات هوائية على المحتويات العضوية . ثم تصفى ثانية النفايات الناجمة عن احواض التهوئة ويعالج

الرومان بين عامي ٣١٢ ق . م و ٢٢٦ للميلاد تؤمّن نظاما معتمدا على المياه الجارية لنقل النفايات وتصريفها في نهر التيبر . اما اليوم ، فتحتاج كميات النفايات الضخمة في المدن الكبرى والصغرى الى وسائل تقنية حديثة كي تعالج وتدبّر على وجه فعال .

المعالجة بالتشعشع

تنجح المعالجة بالتشعشع ، لأن الماء يحتوي على اكسيجين مذاب فيه . فعندما تلوث مياه المجارير كمية محدودة من الماء كماء البحيرات والانهار ، تمتص البكتريات الهوائية (التي تؤكسد المواد العضوية) الاكسيجين المذاب فيها بمعدل يفوق معدل استبداله من الهواء ، فيحدث التلوث مع النتيجة ان الاسماك لا تستطيع البقاء حية اذ يكون قد فقد الماء قدرته على تطهير ذاته بذاته . اما اذا كانت مساحة الماء السطحية كافية لأن يذوب فيها

السائل الصافي بالكلور قبل تفريغه في نهر او في البحر . اما الحمأة المترسبة فتنقل الى احواض هضم حيث تسخن وتنقى بمعزل عن الهواء . تولّد هذه العملية غازات لتأمين القدرة للمصنع ذاته ولتسخين احواض الحمأة . ثم تجفف الحمأة النظيفة والغنية بالازوت فتشكل مخصبا ممتازا . تتم هذه العملية نموذجيا على الوجه الآتي ، تدخل مياه المجارير غير المعالجة (١) الى المصنع من خلال مرشحات واسعة الثقوب (٢) تزيل النفايات الصلبة (من اخشاب وخرق وما شاكل) للحؤول دون تعطيل الآليات او سد الأنابيب . عندئذ تضخ المياه المترشحة (٣) في احواض (٤) تترسب فيها الحصى والرمول ثم ترفع وتغسل وتستعمل كمادة حشو بشكل ركام لبناء اساس الطرق المعبدة . ترفع الحصى والرمول المترسبة (٥) ليصبح بالامكان ضخ المياه الخالية منها (٦) في احواض الترسيب الأولية (٧) . خلال هذه العملية يترسب ٥٠٪ من المواد الصلبة العالقة في الماء ليشكل حمأة فيزول نصف الحاجة البيوكيميائية للاكسيجين . بعد ذلك تضخ الحمأة (٨) في احواض هضم ويضخ الماء المنقى (٩) في حوض للتهوئة (١٠) حيث يمزج بحمأة غنية بالبكتريات . عندما تهوى المياه ، تحوّل البكتريات المواد العضوية الى منتجات ثانوية غير ضارة . ثم تضخ المياه المهواة (١١) في حوض ترسيب ثانوي (١٢) . في هذه المرحلة من العملية تترسب الحمأة المنشطة تاركة ماء صافيا . يرشح الجزء الاعلى من السائل (١٣) ويعالج بالكلور ثم يفرغ في نهر او في البحر . ترفع الحمأة المنشطة (١٤) وتستعمل مرة ثانية في حوض التهوئة مع الماء المنقى . في محطة توليد القدرة (١٥) تحرق الغازات التي يجمعها المجمع (١٦) والمحتوية على ٧٠٪ من الميثان لتوليد القدرة للمضخات وللمضاغط . ويستعمل جزء من الغاز لتسخين احواض الهضم . عندئذ تضخ الحمأة المترسبة في احواض الهضم الاولية (١٧) التي تظل حرارتها ٣٠° س . تجعل الحرارة عمل الكائنات الحية المجهرية سريعا فتهضم الحمأة بسرعة بمعزل عن الهواء فتنتج غازات وحمأة غير مضرة نسبيا . تنتج احواض الهضم الثانوية (١٨) ، حيث تتم عملية الهضم (على البارد) ، حمأة مركزة غنية بالازوت وماء نقيا نسبيا وغنيا بالبكتريات . عندئذ ترفع الحمأة (١٩) ، وبعد اخضاعها لعملية تجفيف تستخدم كمخصب . أخيرا يسحب الماء (٢٠) ويفرغ في بحيرة أو في نهر أو في البحر .

٢

---

(٢) ـ كان نهر الشمس في عام ١٨٥٨ ملوثا الى درجة ان « بونش » ، وهي مجلة انجليزية اسبوعية فكاهية ، نشرت هذه الصورة الكاريكاتورية المرعبة للموت مبحرا بين الاجياف . فقد شكل تدفق مياه المجارير الناتج عن الثورة الصناعية في النهر خطرا كبيرا على الصحة العامة . جعلت بونش عنوان الرسم « اللص الصامت » وكان عنوانها الثانوي ، « نقودك او حياتك » . في عام ١٨٨٩ ، اي بعد ذلك باحدى وثلاثين سنة . باشرت لندن بانشاء اول مصنع لمعالجة النفايات .

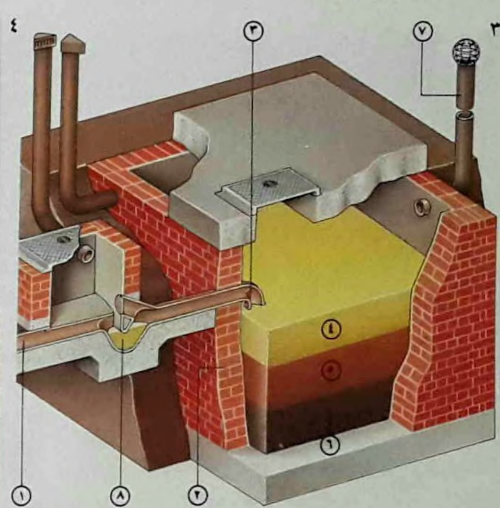
الاكسيجين بسرعة تفوق سرعة امتصاص البكتريات له ، فيظل الماء نقيا .

اخطار التلوث

تتفق السلطات الصحية اليوم على القول بان انصباب مياه المجارير المتشعشعة في البحيرات والانهار يظل مقبولا اذا لم تكن تلك المياه تحتوي على اكثر من ٣٠ جزءا بالمليون من المواد الصلبة ولم تكن تمتص اكثر من ٢٠ جزءا من المليون من الاكسيجين المذاب فيها في مدة ٥ أيام . يشكل هذا العدد الاخير المسمى « الحاجة البيوكيميائية للاكسيجين » وسيلة لقياس درجة التلوث .

حيث ما تكون هناك كمية كافية من الماء لمعالجة مياه المجارير بطريقة التشعشع معالجة فعالة ، كما هي الحال في الشواطىء البحرية وشواطىء البحيرات الكبرى او بالقرب من الانهر الكبيرة ، فليس من حاجة الى معالجة

٣



(٣) ـ يعالج خزان التعفن مياه مجارير البنايات التي لا تتصل بشبكة التصريف العامة . انه كناية عن خزان تحت الارض كتيم للماء وللهواء ويؤمن ثلاثة اغراض ، الترسيب والهضم وتخزين الحمأة . يتم الهضم بطريقة عفوية بواسطة بكتريات لاهوائية . يجب ان توجه المياه الى بئر ترشيح وان تفرغ الحمأة كل ٣ ـ ٦ اشهر . تكون جدران الخزان كتيمة للماء (٢) ومبنية عادة بآجر مطلي بالاسمنت . تدخل مياه المجارير عبر ماسورة الادخال (١) وتصب في الخزان على ارتفاع منخفض (٣) دون ان تحرك محتوياته . في أعلى الخزان تهضم بكتريات لاهوائية (٥) المياه الصافية نسبيا (٤) وتترسب الحمأة (٦) . تنفلت الغازات من انبوب التهوئة (٧) ويحول صمام دون رجوعها الى غرفة المراقبة .

٤



٥



سابقة لمياه المجارير هذه (٦) قبل انصبابها . ولكن نمو الصناعة وتكاثف السكان اخذا يتطلبان معالجة مياه المجارير قبل انصبابها ، وذلك لتخفيف « الحاجة البيوكيميائية للاكسيجين » فيها، واحيانا لازالة البكتريات منها.

اما معالجة مياه المجارير بالتعفن ، فهي عملية طبيعية تفتك بها البكتريات اللاهوائية بالمادة العضوية بتفكيكها الى مواد اكثر بساطة ، فينتج عن ذلك دبال غني بالازوت ومزيج من الغازات يسوده الميثان .

تلجأ الاشغال الحديثة لمعالجة مياه المجارير (١) الى كل من التأكسد الطبيعي وعمليات التعفن ، كما تستخدم ايضا عدة عمليات اخرى كالترشيح والترسيب والتدميج والهضم والتهوئة والمعالجة بالكلور .

عمليات المعالجة الحديثة

ليس الترشيح سوى ازالة جسيمات صلبة كبيرة بامرار المياه خلال مصفاة معمولة من اسلاك او ما شابهها . اما الترسب الساكن ، فهو استقرار طبيعي للرواسب في احواض غير مضطربة تحت تأثير الجاذبية . كذلك تعطي طريقة الترسب المتواصل الدفق النتيجة ذاتها ، اذ انها تقوم على جعل السائل يمر بدون اضطراب عبر احواض طويلة وضحلة نسبيا وفوق سدود صغيرة . يجعل التدميج الآلي او الكيميائي المواد غير المترسبة تتخثر لتكوين جسيمات بحجم كاف للترسب تحت تأثير الجاذبية .

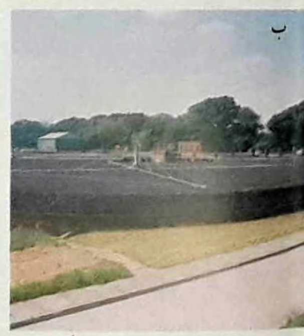
تقوم عملية الهضم على التعفن الهوائي الطبيعي الذي ينتج غازات وحمأة تغدو بعد تجفيفها مخصبا نافعا . تستخدم بعض اشغال المعالجة هذه الغازات لانتاج القدرة والضوء وفي كثير من الاحيان لتسخين احواض الهضم بجعل ماء مسخن بالغاز يمر في ملفات مثبتة في داخلها . يؤدي هذا التسخين الى زيادة سرعة عملية الهضم ، لكن ذلك غالي الثمن اجمالا لأنه يستهلك كثيرا من الطاقة .

تعتمد التهوئة التأكسد الطبيعي لتخفيف الحاجة البيوكيميائية للاكسيجين في المياه الصافية بعد ترسبها . يتم ذلك عادة بضخ فقاقيع الهواء من اسفل الحوض واعادة توزيع ماء المجارير الصافي على سطحه بشكل رذاذ دوار .



(٥) - يجب ان تفرغ الحمأة من خزانات التعفن مرة كل ٣ - ٦ اشهر . تستعمل السلطات المحلية لهذه الغاية صهريجا مصنوعا حسب الطلب . يجب ان يكون لهذا الصهريج خزان .

(٦) - كانت مياه المجارير تنصب بدون معالجة في الانهار او في البحر (أ) . فكان ذلك يؤدي الى التلوث والى تفشي الامراض . اما اليوم ، فتعالج اكثر البلدان المتصنعة هذه المياه في منشآت خاصة (ب) . من مشكلات المعالجة الحديثة لمياه المجارير وجود كميات متزايدة باستمرار من مواد التنظيف (المنظفات) في نفايات المدن . يفرض القانون ان تكون المنظفات المنزلية قابلة للهضم من قبل البكتريات . لكن اكثر المعامل لا تزال عاجزة عن معالجة الفوسفوتات الموجودة عادة في المنظفات والمساعدة على نمو الاشنات الخضراء التي تنمو باسرع مما ينبغي فتقضي على التوازن البيوكيميائي الطبيعي الضروري لتأمين نقاوة الماء في البحيرات والانهار .

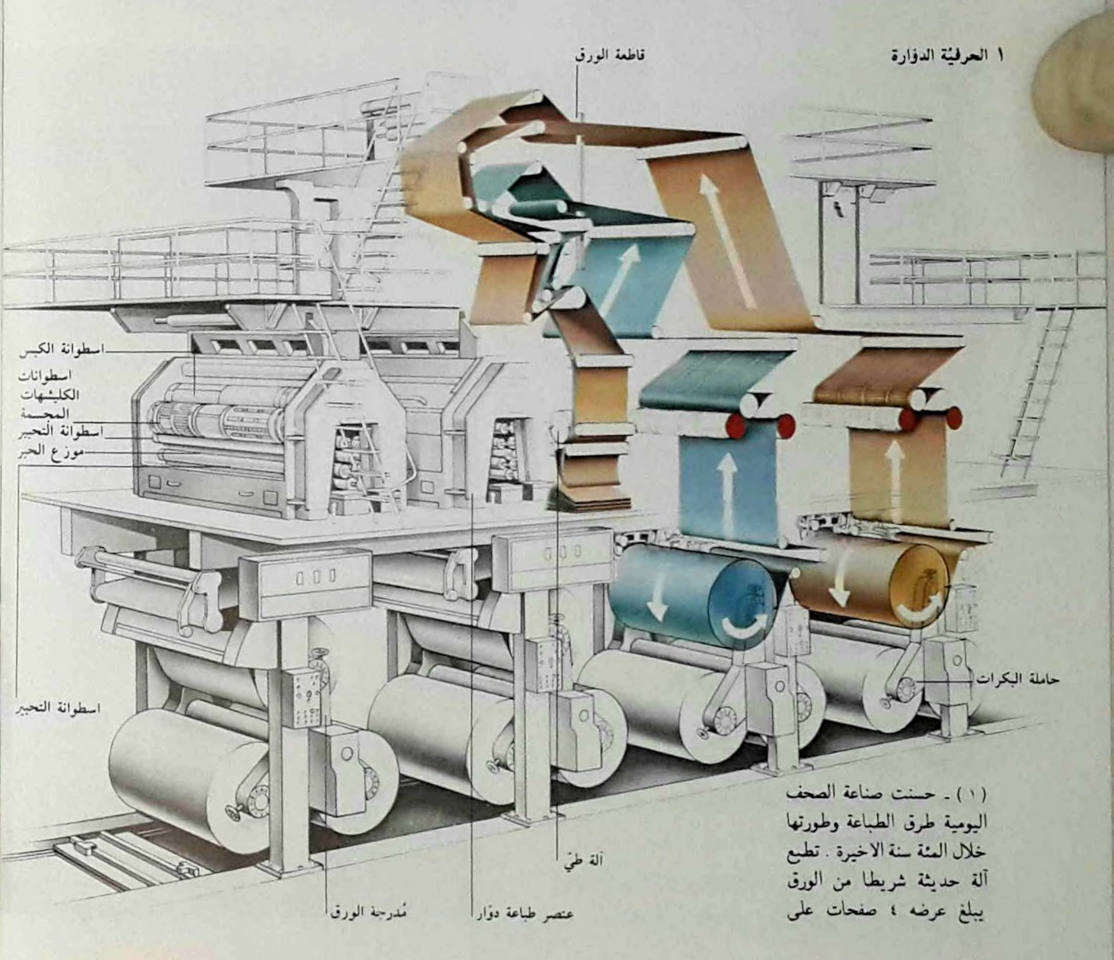


(٤) - يؤدي هضم حمأة مياه المجارير المترسبة في المنشآت الحديثة الى انتاج حمأة غنية بالازوت وقليلة الضرر نسبيا تشكل بعد تجفيفها مخصبا عاما ممتازا جاهزا للاستعمال الفوري في التربة .

الطباعة الحديثة

هناك ثلاثة انواع رئيسية لعمليات الطباعة الحديثة ، الطباعة النافرة (البارزة) والطباعة الغائرة والطباعة المستوية . في الطباعة النافرة يكون السطح المحبر للاحرف والرسوم اعلى من المنطقة المجاورة غير المطبوعة . الطباعة الحرفية مثال للطباعة النافرة وهي تشمل الطباعة عن الواح مقولبة من قطعة واحدة تحمل الاحرف والرسوم وقد تكون الواحا معدنية عليها نقوش نصفية اللون (لها ظلال متدرجة تشكلها نقاط دقيقة) او رواسم خشبية او رواسم من اللينوليوم .

في الطباعة الحرفية تستعمل على نطاق واسع منضدة او نحاسة طباعة ذات سطح مستو او انواع مختلفة من المطابع الاسطوانية .

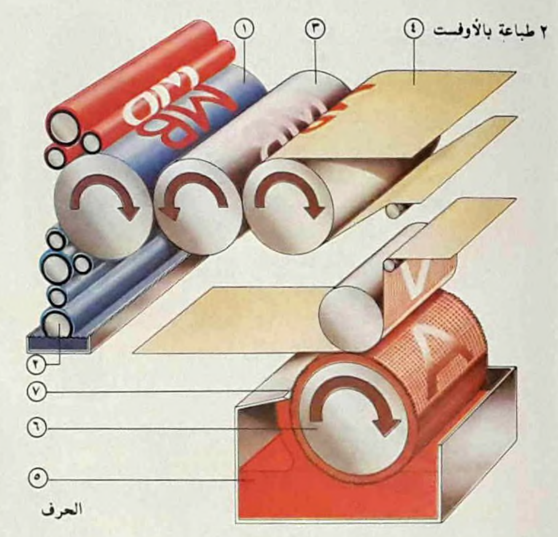


(١) ـ حسنت صناعة الصحف اليومية طرق الطباعة وطورتها خلال المئة سنة الاخيرة . تطبع آلة حديثة شريطا من الورق يبلغ عرضه ٤ صفحات على

تغذى الآلة بالورق (باليد او بطريقة آلية) وتسحب الاوراق ورقة ورقة من الكومة (عادة بواسطة جهاز مصي) وتدخل في آلة الطباعة .

اما المطبوعة الغائرة فهي طباعة نافرة معكوسة . في هذه الحال يحبس الحبر في تجويفات على سطح روسم وينظف القسم المصقول غير المعد للطبع من الحبر قبل الطبع . ويعتبر الحفر الفوتوغرافي اليوم الطريقة الرئيسية للنقش الغائر بينما كان يستعمل في الماضي لطبع الرسوم الفنية المحفورة على الفولاذ او النحاس وللصور بالحفر المائي والصور المحفورة على المعدن بالحامض .

في الطباعة المستوية تكون الاجزاء المطبوعة والاجزاء غير المطبوعة على مستوى واحد وتعالج صفائح الطباعة بحيث يحول التنافر بين الحبر الدسم والماء دون وصول الحبر الى الاماكن غير





الوجهين في آن واحد وتقطعه وتطويه لانتاج صحيفة بثماني صفحات في عملية واحدة . ترى هنا مجموعة من ٤ مطابع تستطيع انتاج صحيفة من ٣٢ صفحة دفعة واحدة . تمكن حاملة البكرات الثلاثية الاذرع المطبعة من العمل بدون توقف اذ تلصق طرف الورق من البكرة التالية بالبكرة المستهلكة . تتم الطباعة الملونة بمرور شريط الورق في آلتين على التوالي تستعمل احداهما الحبر الاسود والثانية الحبر الملون او باضافة وحدات طباعة متعددة الالوان على طريق الورق بعد مروره بمطبعة ذات لون واحد . تحصل الطباعة الملونة في المناطق التي تركتها المطبعة العادية بيضاء . يمكن هذا النوع من المطابع من سحب ٥٠٠٠٠ نسخة في الساعة على الاقل . المطابع التي تعمل بهذه السرعة مجهزة بوسائل آلية تؤمن الاحتفاظ بالورق مشدودا شدا مناسبا وانسيابه من خلال اجزاء المطبعة المختلفة وتوقيف الالة عند حصول اي عطل فيها ، مثل انقطاع شريط الورق . تطبع الصحف والمجلات بشكل متزايد على الاوفست لكن كثيرا من المجلات الواسعة الانتشار المطبوعة بالاسود وبلون آخر ما تزال تسحب على مطابع سريعة تعمل بحروف منضدة شبيهة بمطابع الصحف . في بريطانيا يطبع دليل الهاتف على مطابع حرفية دوارة بمعدل ١٥٠٠٠ نسخة في الساعة . وتضحي هذه المطابع بالنوعية في سبيل السرعة .

(٢) ـ تحتفظ العناصر الطابعة من صفحة اوفست (١) بطبقة من الحبر الذي يشتمل على مادة دهنية . اما المناطق غير الطابعة التي ترطبها اسطوانات (٢) فلا تقبل الحبر . تنقل الصور المحبرة على اسطوانة من المطاط (٣) ثم على الورق (٤) . تحمل اسطوانة الحفر الفوتوغرافي النحاسية (٦) صورة محفورة بشكل خلايا (هي انخفاضات صغيرة على سطحها) ويحدد عمق الخلية كمية الحبر وبالتالي كثافة اللون . تغطس الاسطوانة بالحبر (٥) ثم ينظف سطحها بواسطة شفرة (٧) فيبقى الحبر في الخلايا . عندما تلامس الاسطوانة الورق ينتقل الحبر الموجود في خلاياها اليه .

---

(٣) ـ تنتج المونوتيب ثلاثة احرف في الثانية باستعمالها قوالب ومعدن منصهر وتستعمل على نطاق واسع لطبع الكتب . ينقر العامل النص على لوحة المفاتيح فيحدث شريطا مثقبا يدخل في آلة ثانية تصهر احرفا فردية وتنضدها اسطرا متساوية الطول جاهزة للطباعة .

المعدة للطبع . الطباعة الحجرية هي الطريقة الرئيسية للطباعة المستوية .

الطبع الدوار او الرحوي

تتم الطباعة السريعة الحديثة بواسطة طابعات دوارة (١) تستعمل ورقا متواصلا من لفّة . تعد الاشكال الطباعية مسطحة وتستخدم الاحرف (للنص) والاشكال (الكليشيهات) (للرسوم) . تصنع صفيحة من الورق المعجن ويوضع في غلاف نصف اسطواني . عندما يضخ المعدن المنصهر بين الصفيحة والغلاف الدائري ينتج قالب نصف دائري من المعدن . تنظف الاطراف وتحفر المناطق البيضاء (غير الطابعة) ويكشط القسم الداخلي ليشكل نصف دائرة ملساء ويثبت قالبان طباعيان حول كل من اسطوانات المطبعة الدوارة للحصول على سطح طباعي دائري كامل .

يستعمل الحفر الفوتوغرافي الحديث الذي (٢) وخلية كهرضوئية (٣) مكان توقف القرص الدوار . عندما يوضع الحرف المختار من القرص في مكانه (وفقا لتعليمات موجودة على شريط مثقب ضرب على لوحة المفاتيح) يبث وميض باهت (٤) . يركز نظام العدسات (٥) صورة على فلم او على ورقة (٧) ويرتب جهاز نقل (٦) ، تتحكم به آلة حاسبة ، الصور اسطرا ويقوم عند الحاجة بعمليات ضبط الهوامش وفصل الكلمات .

٤

(٤) - تحتوي آلة الصف الفوتوغرافي على قرص متواصل الدوران (١) ينقل الصورة السالبة للاحرف والارقام وعلامات الوقف الى ثقب معين . يكشف مصباح استشارة

٥ أ ب ت ث

ج

(٥) - يستعمل اللون الاصفر والاحمر والازرق في تركيبات مختلفة للحصول على انواع عديدة من الالوان . عندما تتراكب هذه الالوان الثلاثة تكاد النتيجة تكون لونا اسود . في نقل الالوان تتحسن النتيجة كثيرا باضافة طبقة رابعة باللون الاسود . وتأتي الالوان اكثر دقة باستعمال الماجنتا وهو لون احمر مزرق والسيان عوضا عن الاحمر والازرق . تطبع الصور بكل لون على حدة (أ - ث) للحصول على النتيجة الموحدة التي ترى هنا مكبرة (ج) .

طور عن الحفر باليد التقنيات الفوتوغرافية للحصول على اسطوانات او صفائح طباعية من النحاس . تطبع الافلام الموجبة المحتوية على النصوص والرسوم فوتوغرافيا على حامل من الكربون المغطى بطبقة من الجيلاتين . عندما يظهر هذا الحامل ينقل المرسم على صفيحة من نحاس بحيث لا يترك عليها الا الجيلاتين فيشكل طبقة مقاومة تمكن الحامض او اية مادة حافرة اخرى من الوصول الى منطقة الصورة دون ان يمس القسم من سطح الصفيحة النحاسية الخالي من الصورة . تثبت الاسطوانات النحاسية المحفورة في طابعة دوارة سريعة . يستعمل الحفر الفوتوغرافي في الطابعات الدوارة على نطاق واسع في انتاج المجلات الفاخرة الواسعة الانتشار .

الطباعة بالأوفست (الحجرية)

ما لبثت الطباعة الحجرية ، التي كانت تتم في اول الامر بنقل الصورة المعدة للطبع على صفيحة حجرية مسامية ، ان تطورت بحيث اصبح بالامكان اعداد سطح للطباعة بطريقة فوتوغرافية على صفيحة معدنية من زنك او الومينيوم . تختلف الطرق المستعملة لصنع صفائح الاوفست اختلافا كبيرا لكن النتيجة واحدة ؛ فتستعمل صفائح من معدن لدن يمكن تثبيتها حول اسطوانة طباعية في مطبعة رحوية سريعة الدوران (٢) .

تقنيات الطباعة الحديثة

في الطباعة الحرفية والطباعة الحجرية يتم نقل الرسوم الملونة كالصور الشمسية ، بطريقة فوتوغرافية من خلال شاشة هي كناية عن شبكة دقيقة من الخطوط المتوازية والمتقاطعة . تجزىء هذه الشبكة الصورة الى عناصر دقيقة تطبع على حدة كنقاط مختلفة الاحجام (٥) .

ما تزال مطابع اللينوتيب (التي تنضد الاسطر مسبوكة بكاملها) تستعمل على نطاق واسع لانتاج الصحف ، ومطابع المونوتيب (٣) (التي تنضد الحرف تلو الآخر) القادرة على صف الرموز والمعادلات الرياضية المعقدة لطباعةالكتب . غير ان صف الاحرف الفوتوغرافي الذي اصبح عمليا عام ١٩٥٥ بدأ يحل محل صف الاحرف المعدنية في مجالات عديدة .

الصف الفوتوغرافي طريقة مبتكرة حديثا تخزن فيها جميع احرف الابجدية والاشارات الاخرى على فيلم او بشكل تعليمات مسجلة على شريط . تنتج آلة الصف الفوتوغرافي (٤) نسخة موجبة او سالبة صالحة لصنع صفائح فوتوغرافية من حسناتها انه يمكن تصغيرها او تكبيرها فوتوغرافيا بسهولة تامة .

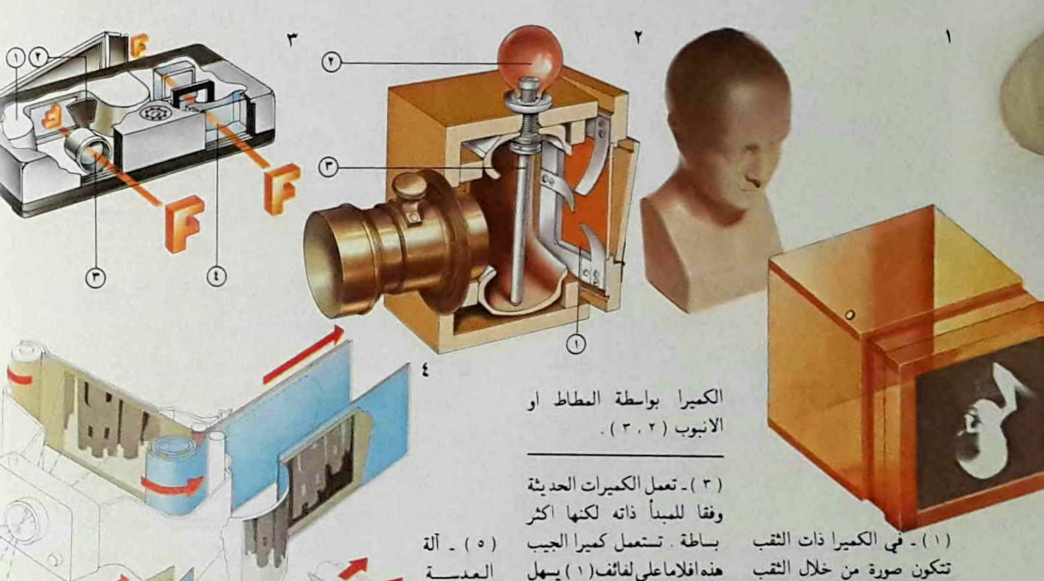
تستطيع آلة الصف الفوتوغرافي ايضا المجهزة بمجموعة مناسبة من العدسات ، اعطاء قوالب واسعة او ضيقة او احرف مائلة انطلاقا من النسخ السالبة . تعمل هذه الالة بسرعة فائقة وتنظم حاسبات الكترونية المسافات بين الكلمات وتعطي التجارب الطباعية بالسرعة الذي يستطيع فيها العامل النقر على مفاتيح الآلة . في الطباعة بالحفر الفوتوغرافي والطباعة الحجرية تصنع الصفائح مباشرة انطلاقا من الصورة الموجبة التي تنتجها آلة الصف الفوتوغرافي . في الطباعة الحرفية تصنع صورة سالبة فوتوغرافيا على صفيحة طباعة معدنية بالطريقة التي يتم فيها انتاج الاشكال النصفية الدخلة .

التصوير الشمسي (الفوتوغرافي)

في فترة ١٥٠ سنة اصبح التصوير الشمسي ومشتقاته كالنسخ الفوتوغرافي من النشاطات الضرورية للحياة اليومية. فبينما كانت الكلمات تناضل لوصف الواقع والرسم اليدوي يعجز عن التقاط اللحظة العابرة جاء التصوير الشمسي ليؤمن كلا من هذين الغرضين، عارضا في صورة واحدة مثيرة التاريخ الآني او التفاصيل التقنية اوالانفعال المثير للمشاعر. ولا عجب في ذلك لأن لفظة «فوتوغراف» مشتقة من كلمتين يونانيتين تعنيان «الكتابة بواسطة الضوء».

تطور العمليات الفوتوغرافية

اخذ نيسيفور نيبسه (١٧٦٥ - ١٨٣٣) اول



(١) - في الكميرا ذات الثقب تتكون صورة من خلال الثقب على الجهة المقابلة. هذه الصورة ليست ناصعة لكنها تمكن من احداث صورة على قلم اذا ثبت في وضع مناسب.

(٢) - تعطي العدسة صورة اكثر نصوعا من صورة الكميرا ذات الثقب. جعلت اللوحات (١) في هذه الكميرا التي يعود عهدها الى عام ١٨٦٤ حساسة باضافة نترات الفضة داخل الكميرا بواسطة المطاط او الانبوب (٢، ٣).

(٣) - تعمل الكميرات الحديثة وفقا للمبدأ ذاته لكنها اكثر بساطة. تستعمل كميرا الجيب هذه افلاما على لفائف (١) يسهل تركيبها ولها غطاء ذو سرعة واحدة (٢). بجانب العدسة الرئيسية (٣) منظار (٤) يمكن من رؤية ما سيظهر في الصورة.

(٤) - تحتوي الكميرات من طراز بولارويد (ذات الغشاء المستقطب) على الفلم والورق والمواد الكيميائية الضرورية للمعالجة داخل الكميرا.

(٥) - آلة العدسة المزدوجة العاكسة هي في الواقع كميرتان احداهما للضبط البؤري وتعيين المشهد (١) والثانية للتصوير (٢). تركز العدسات بواسطة ستار للتركيز البؤري (٣).

(٦) - آلة العدسة الواحدة العاكسة هي كميرا متعددة الاستعمالات. يعكس المنظار (١) صورة تتكون من خلال مرآة (٢) من النور الذي يخترق العدسة الرئيسية (٣) وتبين بدقة الصورة التي يتلقاها الفلم.

صورة فوتوغرافية عام ١٨٢٦ في « كميرا مظلمة » (قمرة مظلمة) . في عام ١٨٣٧ اخترع الفرنسي لويس جاك داغر (١٧٨٦ ـ ١٨٥١) طريقة التصوير الداغري التي حلت فيها صفائح نحاسية مطلية بالفضة تعالج ببخار اليود محل صفائح نيبسه القصديرية .

كانت الطبعات المتعددة التي نعرفها اليوم مستحيلة قبل ان حقق وليم فوكس تلبوت (١٨٠٠ ـ ١٨٧٧) مبدأ الصورة السالبة عام ١٨٣٩ . لكن هذه الصور لم تكن بوضوح صور داغر .

كانت صور تلبوت السالبة على الورق تصبح شفافة بغمسها في الشمع او في الزيت ، وسرعان ما حلت محلها صور سالبة على الزجاج . وفي عام ١٨٦١ تمت اول تجربة للتصوير الملون .

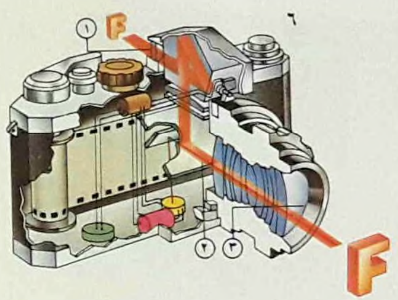
آلات التصوير (الكميرات) الحديثة

في عام ١٨٨٨ صنع جورج ايستمن

٥

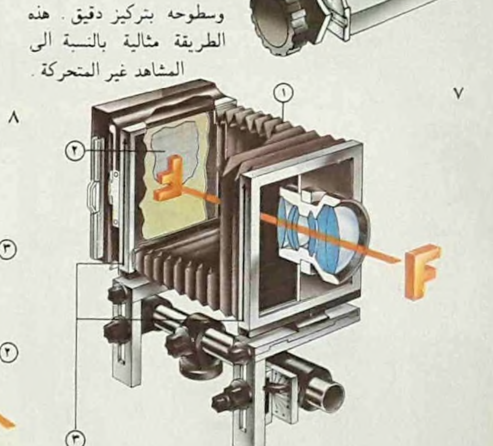
(٧) ـ ليس للكميرا الاحترافية منظار . تركز الصورة بواسطة منفاخ (١) على صفيحة من الزجاج المشحوذ (٢) في مؤخرة الكميرا . قبل التصوير مباشرة يحل محل هذه الصفيحة فلم موضوع في درج متحرك . يمكن للوحين الامامي والخلفي ان ينقلبا او يدورا او ينزلقا (٣) . وهذا ما يمكن المصور المهني من معالجة زوايا المشهد وسطوحه بتركيز دقيق . هذه الطريقة مثالية بالنسبة الى المشاهد غير المتحركة .

٦

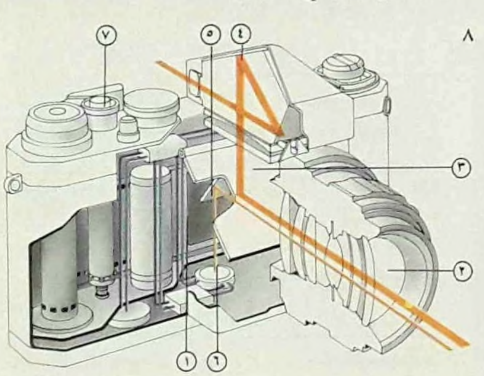


(٨) ـ عندما يحرر الغطاء (١) يتركز الضوء المنعكس عن المشهد على الفلم . قبل التقاط الصورة يتبع النور المار عبر العدسة (٢) مسارين . تعكس الحزمة الكبرى مرآة الى فوق (٣) حتى تدخل في المنظار (٤) . وتوجه مرآة صغيرة (٥) قليلا منه الى خلية كهرضوئية في مقياس التعريض (٦) او الى خلية في قاعدة المنظار . عندئذ يفتح المطلق (٧) الغطاء .

٧



٨



(١٨٥٤ - ١٩٣٢) كميرا كوداك ونقل بذلك التصوير الشمسي الى الجمهور . في عام ١٩٢٤ ظهرت اللايكا وهي كميرا صغيرة مصممة في بادىء الامر لتجربة افلام السينما بعرض ٣٥ ملم . وفي عام ١٩٢٥ أتاح المصباح الومضي فرصة عدم الاتكال على نور الشمس او على اضاءة اصطناعية خاصة .

الكميرا الحديثة (٨) علبة لا ينفذ اليها النور مجهزة بآلية تثبت قطعة فلم مسطح في الجهة المقابلة للعدسة . تقذف العدسة على الفلم صورة دقيقة ومقلوبة للمشهد الموجود امام الكميرا . يحول غطاء حاجز متحرك دون وصول النور الى الفلم حتى يقرر صاحب الكميرا التقاط الصورة . عندئذ ينفتح الغطاء لفترة لا تتعدى جزءا من الثانية . يتم الحصول على عرض صحيح بضبط العلاقة بين سرعة فتح الغطاء وقطر العدسة وهذا ما يمكن تأمينه بتعديل فتحة الحاجب .



(٩) - يعالج الفلم الابيض والاسود بتغطيته في مظهِّر مناسب (١) . عندئذ تغسل الصورة (٢) وتصبح دائمة بتثبيتها (٣) ثم تغسل النسخة السالبة مجددا (٤) وتجفف (٥) .

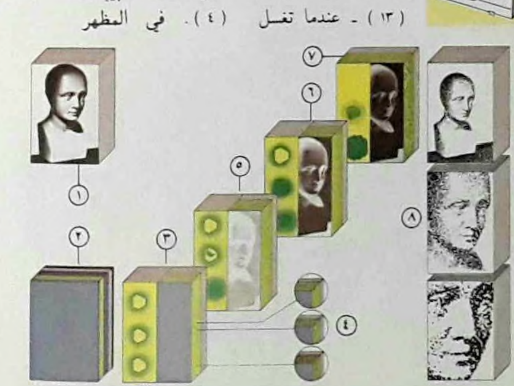
(١٠) - لطبع الصورة تعرض ورقة حساسة للضوء لصورة من الفلم السالب (١) بحجمها او بحجم اكبر ثم تعالج كما يعالج الفلم (٢ - ٦) .

(١١) - تنتشر مواد المعالجة الكيميائية على الفلم من طراز « بولارويد » عندما ينزع من الكميرا (١) . بعد ١٥ ثانية (٢) تفصل الورقة المطبوعة (٣) عن النسخة السالبة ويمكن ان يفرش المثبت عليها بفرشاة (٤) .

(١٢) - بعد التجفيف ترى الورقة وتجفف تكون فيها صورة ثابتة للمشهد بالابيض والاسود . يتوقف التدرج الدقيق من الابيض الى الاسود على تباين سطح الورق ونوعيته .

(١٣) - عندما تغسل النسخة السالبة بشكل صورة الوانها مقلوبة فالابيض يبدو اسودا والاسود ابيضا .

(١٤) - عندما يقع الضوء (١) على طبقة الفلم الحساسة للنور (٢) يكون صور كامنة (٣) . تتحول حبيبات هاليدات الفضة قليلا وبقدر ما تكون كمية الضوء كبيرة يزداد تحول هذه الحبيبات (٤) . في المظهر



هذه العناصر كلها مشتركة بين جميع الكميرات لكن هناك تفاوتا كبيرا في تعقيدها وطريقة عملها . لأبسط الكميرات (٣) سرعة واحدة للغطاء وحاجب ثابت يمكنان من دخول الكمية المناسبة من النور في يوم مشمس . للكميرات المعقدة المعدة لالتقاط صور ممتازة مهما كانت ظروف الاضاءة اغطية ذات سرعات مختلفة تتراوح بين عدة ساعات و ٢٠٠٠ / ١ من الثانية .

تصبح الحبيبات من جديد فضة معدنية سوداء . في البدء تتحول حبيبات قليلة (٥) . بعد ذلك تتكون صورة اكثر كثافة (٦ و ٧) مؤلفة من كميات متجمعة من حبيبات الفضة (٨) .

(١٥) ـ للافلام الملونة ثلاث طبقات احداها حساسة للضوء الازرق والثانية للضوء الاخضر والثالثة للضوء الاحمر . تشكل كل واحدة منها صورة كامنة عندما تعرض للضوء (١) . (أ) تظهر الافلام الملونة اولا سالبة بالابيض والاسود (٢) . عندئذ تعرض جميع هاليدات الفضة الباقية ويظهر اللون . في هذه المرحلة يكون الفلم غير شفاف لان الفضة كلها تكون قد اسودت (٣) . تُقصَر الفضة فتترك صورة بالالوان الطبيعية (٤) . (ب) تتكون الالوان منذ تظهير الفلم السالب الملون (٢) . بعد التقصير تكون الصورة بالالوان المتممة (٣) .

الافلام : تظهيرها وطبعها

قد يكون الفلم بشكل صفحات او موضوعا في داخل لفّة او في علبة لا ينفذ اليها النور ، او ملفوفا على بكرة معدنية ومغلفة بالورق . وهو مصنوع من مادة لدنة شفافة مطلية بطبقة فوتوغرافية مكونة من حبيبات من املاح الفضة عالقة في الجيلاتين . تكون الحبيبات كبيرة نسبيا في الافلام العالية الحساسية (السريعة) وصغيرة في الافلام البطيئة .

تصبح الصورة الكامنة المكونة على الفلم (١٥) مرئية ودائمة تحت تأثير معالجة كيميائية تتم على اربع مراحل رئيسية : التظهير وايقاف التظهير والتثبيت والغسل . مع الافلام السالبة يقتم المظهر الفلم بنسبة الضوء الذي يتعرض له بحيث ان الاقسام الاكثر نصوعا من المشهد الذي تم تصويره تبدو قاتمة . في الافلام السالبة الملونة (١٤) تكون الالوان ايضا مقلوبة فيمثل كل لون باللون المتمم له فالاصفر يبدو ازرقا والاحمر يبدو سيانيا .

والتثبيت هو مجرد ازالة جميع المواد الكيميائية من المحلول التي لم تتأثر بالضوء تاركا مناطق من الفلم النقي لتصبح سوداء في الصورة النهائية . تأتي عملية « غسل التوقيف » بين التظهير والتثبيت فتوقِف التظهير في اللحظة المناسبة . اما عملية الغسيل فتزيل المادة المثبتة غير المرغوب فيها التي ان بقيت ستفسد المسودة في نهاية الامر . ولا تختلف عملية الطبع (١٠) عن عملية التظهير الا باستعمال ورق حساس للنور (او قد تستعمل افلام اذا ما اريد صنع صور للعرض بالاسقاط) .

إلتقاط الصور

في العالم الحديث حل التصوير الفوتوغرافي محل التصوير الزيتي والرسم كوسيلة اساسية لالتقاط الصور. فهو يمكّن الانسان من التقاط صور دونما حاجة الى مهارة في الرسم، لكنه يقتضي استعمال آلة خاصة تدعى الكميرا لا بد لاستعمالها الصالح من بعض الشروط.

الكميرا

حتى في ابسط الكميرات، لا بد من تطبيق بعض القواعد. فيجب مثلا استعمال الفلم المناسب، وان تكون الكميرا على مسافة معيّنة من المشهد بحيث لا تكون قريبة منه جدا فيختل التعديل البؤري ولا بعيدة عنه جدا فيظهر متناهي

١ أ



ب



٢ أ



ب



ت



الصغر في الصورة الناجزة . كذلك لا بد للموضوع ، اذا كان كائنا حيا ، ان يكون ساكنا الى حد كبير ، وان تكون الكميرا مستوية وثابتة، وان يضغط على زر الغلق برفق .

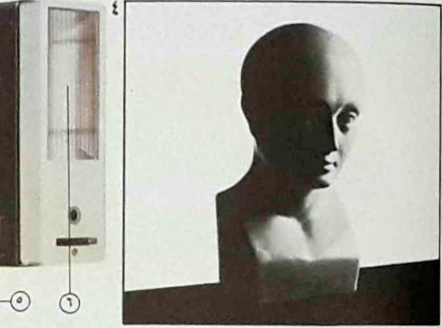
أما في الكميرا المعقدة ، فيجب فضلا عن ذلك اختيار التعريض الصحيح . ففي بعض الحالات يكفي للمصور ان يوجه المؤشرة نحو رمز الجو المناسب ، لكن لا بد له في كميرات اخرى من ضبط الفتحة او اداة الغلق او كليهما معا بطريقة آلية . ولتأمين ضبط مبدع في اكثر الكميرات تعقيدا ، يتم التعريض باليد او بطريقة آلية .

يعبر عادة عن فتحات العدسة بارقام « ف » (٢). تحسب هذه الارقام بحيث ان قدرة الضوء على المرور عبر اية عدسة تكون هي ذاتها بالنسبة الى اي رقم (ف) وذلك في حدود الامكانيات التي تركها الصانع للكميرا وفعالية العدسة . و بقدر ما يكون الرقم صغيرا ، تكون كمية الضوء التي تصل الى الفلم كبيرة . لأكثر الكميرات فتحات يعبر عنها بارقام

٣ أ



٤





٥

ب



ت



(١) - تقرر سرعة الغلق وضوح صورة الاشياء المتحركة. اذا التقطت الصورة بسرعة بطيئة (١/١٥ من الثانية مثلا) ، تظهر فيها الاشياء المتحركة غير واضحة ، وهو ما يبرز الحركة كما يبدو في صورة هذا الشلال (أ) . بسرعات التقاط متوسطة (١/٢٢٥ أو ١/٥٠٠) لا تؤثر السرعات العادية للاشياء على وضوح الصورة ، لكن الاشياء الشديدة السرعة تظل قليلة الوضوح . اما سرعات الالتقاط المفرطة (١/٥٠٠ الى ١/١٠٠٠) ، فهي تجمد اكثر الحركات ، لكنها تظهر تفاصيل لا ترى عادة ، كما يبدو في (ب) .

(٢) - عندما تركز عدسة على فتحة كبيرة كفتحة (ف ٤) مثلا، يصبح عمق مجالها ضعيفا ، فيأتي جزء من الصورة فقط واضحا . تتوقف المنطقة الواضحة على قرب تركيز بؤرة العدسة (أ) او بعده (ب) . عندما تكون الفتحة صغيرة كفتحة (١٦ ف) مثلا ، يكون عمق المجال اكبر بكثير ، فيأتي اكثر الموضوع واضحا (ت) . عند اختيار الفتحة يمكن تركيز الانتباه على اجزاء معيّنة من الموضوع .

(٣) - زاوية وقوع الضوء على موضوع تغير شكل هذا الموضوع في الصورة . فالضوء الذي يقع مباشرة على الوجه يعطي منظرا مفلطحا . واذا حرك الضوء الرئيسي نحو الجانب (أ) أو الى فوق (ب) او الى تحت (ت) فانه يعطي صورة اكثر اثارة . لكن تكون النتيجة جافة اذا كان مصدر الضوء قويا ، فيمكن تخفيف هذا الجفاف باستعمال ضوء اضافي يوضع في الجهة المقابلة .

(٤) - تعطي مدفعات الومضات الالكترونية للمصورين الهواة مرونة كبيرة . كثير منها مجهز بنظام آلي يعطي اضاءة تنقصها الطرافة لكنها دقيقة ، ويمكن استعماله خارج الكميرا لتغيير الاضاءة . اجزاؤه الرئيسية هي ، البطاريات (١) وحاسبة التعريض (٢) والسلك الموصّل (٣) ، ومأخذ الكميرا (٤) وحذاء التثبيت (٥) وانبوب الوميض (٦) .

(٥) - كثيرا ما تجهز الكميرات البسيطة بمكعّبات فيها بطارية مصابيح ومضية جاهزة مركبة في عاكسات تدور بين ومضة وومضة .

السلم التالي: ١، ١٫٤، ٢، ٢٫٨، ٤، ٥٫٦، ٨، ١١، ١٦، ٢٢، ٣٢. يمثل كل من هذه الارقام نصف قدرة الضوء على المرور التي يمثلها الرقم السابق في السلم. لبعض الكميرات فتحات قصوى تقع بين ارقام السلم.

يمكن ايضا ترتيب سرعات الغلق (١) على سلم بنصف الضوء الذي يصل الى الفلم مع كل خطوة. اما السرعات الشائعة المستعملة، فهي كسور الثانية وذلك وفقا للسلم التالي: ١، ١/٢، ١/٤، ١/٨، ١/١٥، ١/٣٠، ١/٦٠، ١/١٢٥، ١/٢٥٠، ١/٥٠٠، ١/١٠٠٠. ويمكن ان يعطي اي عدد من تركيبات السرعة في الفتحة واداة الغلق التعريض ذاته. فكثير من الافلام الملونة مثلا تحتاج الى تعريض ١/١٢٥ في (ف ١١) تحت اشعة الشمس، ولكنها تتلقى كمية الضوء ذاتها بتعريض ١/٣٠ في (ف ٢٢) او بتعريض ١/٥٠٠ في (ف ٥٫٦).

المرشحات والتركيز البؤري

من الممكن، باستخدام مرشحات خاصة، تعديل الطريقة التي يسجل فيها الفلم الالوان

٦



(٦) - «تساوي صورة جيدة واحدة ١٠٠٠ كلمة». هذا المثل السائد يعرفه كل رئيس تحرير ومصمم اعلانات. وعلى سبيل المثال فان هذا الاعلان يعبر للوهلة الأولى - دون حاجة الى كلام أو وصف - عن السلعة التي يُراد اظهارها. الموضوع هو سلسلة كتب علمية مصورة تتناول مختلف نواحي المعرفة، وتثير باسئلتها واجوبتها خيال الطفولة بكل ما فيها من جموح وشوق لمعرفة المزيد عن حقائق الكون والحياة. ولذلك فقد ركز المصور على ابراز الدهشة على وجه الفتاة، والفضول والاستغراق على وجه الصبي. وقد أكد على هذا المعنى بتلاعبه بالضوء في خلفية الصورة فجعله بؤرة تجذب النظر وتزيد في التركيز على معاني الدهشة والفضول. اما علامة الاستفهام، فقد اراد المصور ان يضفي عليها تأثير التصوير اليدوي للالوان المائية، فلجأ الى قص ورقة سوداء واشعال نار خلف الورقة ثم التقط الصورة من الامام. وبهذه الحيلة اللطيفة كان لا يزال مصرا على معاني الدهشة والفضول وبهجة المعرفة.

(٧) - تتألف عدسات الكميرا من مواد زجاجية او لدائنية موضوعة في انبوب. يقرر عدد العدسات وشكلها ووضعها الطول البؤري والفتحة القصوى. تستوعب كميرا قطرها ٣٥ ملم وعدسة قطرها ٣٥ ملم مشهدا واسعا. وتستوعب عدسة قطرها ٥٠ ملم مشهدا قياسيا. وتستوعب بعض العدسات مجموعة من الاطوال البؤرية بين نقطتين ثابتتين كما هي الحال في العدسات الطويلة البؤرة او عدسات التصوير عن ٧ بعد التي يتراوح قطرها بين ٢٠٠ و ٦٠٠ ملم.

٥٠ ملم

٣٥ ملم

٢٠٠ - ٦٠٠ ملم

بشكل قيم احادية اللون . هذه المرشحات هي اقراص من الزجاج الملون تبث ضوءها الخاص عندما توضع امام عينية الكميرا ممتصة ضوء الالوان الاخرى. على هذا يمكن استعمال مرشح اصفر اللون في تصوير مشهد طبيعي لتحاشي تعرض مفرط لزرقة السماء او لالقاء ضوء قوي على تفاصيل في مجموعة من الغيوم .

يتقرر اختيار تركيبة سرعة الفتحة وسرعة اداة الغلق بناء على كمية الضوء المتوافر. الفتحة هي التي تقرر ما سوف يكون واضح المعالم من اجزاء الصورة. تسمى المسافة بين اقرب اجزاء الموضوع وا بعدها «عمق المجال»، ولكنها لا تتوقف على الرقم (ف) وحده ، فهي تكون ، عند استعمال العدسات البعيدة البؤرة المسماة عادة عدسات التصوير عن بعد ، اقصر منها عند استعمال العدسات القريبة البؤرة (الواسعة الزاوية عادة). يتسع عمق المجال او يضيق عندما تطول المسافة بين الموضوع والكميرا او تقصر .

تقرر سرعة اداة الغلق وضوح صورة الاشياء المتحركة . فالسرعات البطيئة تؤدي الى خطر تشوش الصورة من جراء تحرك الكميرا . فالقليل من الناس يستطيع امساك الكميرا بيد ثابتة لأكثر من ١/٣٠ من الثانية. لذلك كان من الافضل ان تبلغ سرعة غلق الكميرات اليدوية ١/٦٠ او ١/١٢٥ من الثانية . تضبط الكميرات البسيطة اصلا على سرعة ١/٦٠ في (ف ١١) ويسمح عمق مجالها بالتقاط صور واضحة لأي شيء يبعد اكثر من ١,٥٠ م عن الكميرا .

المحترفون

يعمل المصورون المحترفون في مجالات عديدة . فمنهم من يصور الحياة كما هي للجرائد والمجلات والمنشورات المشابهة ؛ وغيرهم ينظمون في الاستوديو او في مكان يختارونه بعناية الوضع الذي ينشدونه لتستعمل صورهم عادة كرسوم تزيينية او في الاعلانات لاظهار سلعة ما على احسن وجه (٦) .

من المفروض على مصوري الصحف ومصوري التحقيق الصحفي الآخرين ان يصوروا المشاهد على حقيقتها ، لكن يبقى لهم ان يتفننوا في التصوير باختيار وجهة المنظر المناسبة وضبط سرعة الغلق والفتحة . وقد يصطحبون معهم اضاءة بسيطة ، كمدفعة وميض الكترونية ، تستعمل عادة لاضاءة الاشياء التي لا تكون اضاءتها كافية . من ناحية ثانية ، يتلاعب مصورو الاعلانات والاشخاص والصناعة باضاءتهم للحصول على افضل ما يمكن من الصور(٦). من الممكن اضاءة المشاهد المأخوذة في الاستوديوهات بعدة مدفعات وميض الكترونية او بسلسلة من الاضواء المسرحية الكشافة او الغامرة (٣) . أول ما يجب ان يراعى في هذا الشأن هو زاوية الضوء الرئيسي التي يمكن ان تضاف اليها اضواء استكمالية لتخفيف حدة الظلال . كذلك من الممكن ان تكون هناك ايضا اضاءة خلفية او تأثيرات خاصة لجعل شعر الاشخاص متألقا .

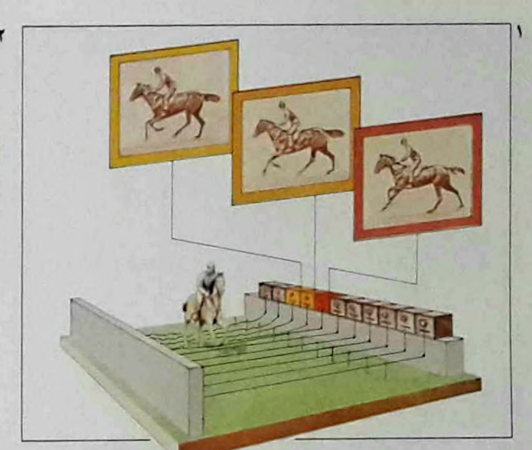
يعرف المصورون المحترفون كيف يلتقطون صورا واضحة خالية من التحبّب ممتازة الاضاءة ودقيقة التلوين . لكن الكثير من الجودة والاثارة في الصور يتوقف احيانا على تخطي القواعد المألوفة بقصد الحصول على اكثر مما يوجد امام الكميرا .

يحصل المصور على صورته، سواء أطبّق القواعد ام تخطاها او كانت لديه كميرا معقدة او بسيطة ، في اللحظة التي يضغط فيها على زر الغلق . قبل حلول هذه اللحظة الحاسمة ، يكون خير درس له اجراء فحص نقدي لكامل الصورة التي يرغب في الحصول عليها .

التصوير السينمائي

تعمل آلة التصوير السينمائي (٤) كما تعمل الكميرا العادية مع فارق واحد اساسي ، فبدلا من ان تلتقط صورة واحدة للمشهد تلتقط بسرعة سلسلة من الصور (٨) . يبلغ معدل الصور التي يلتقطها المصور الهاوي ١٨ صورة في الثانية ويبلغ معدلها عند المصور المهني ٢٤ صورة . كانت الآلات القديمة الصامتة تلتقط ١٦ صورة في الثانية وكان كل تعريض يلتقط صورة ساكنة للمشهد . ولكن اي شيء متحرك يكون في مكان يختلف قليلا عنه في الصورة التالية . وعندما تعرض الصور التي التقطت بسرعة بمعدل ٤٨ او ٧٢ صورة في الثانية تنتج عنها حركة بطيئة عند عرضها بسرعة عادية ، والصور الملتقطة

١



٢

(١) - تم الحصول للمرة الاولى على صور متحركة على يد ايدورد مويبريدج (١٨٣٠ - ١٩٠٤) عام ١٨٧٧ . استخدم مويبريدج ١٢ كميرا ثم ٢٥ كميرا مجهزة باغطية سريعة جدا . عندما كان فرس يعدو او يخب ، كان يفتح غطاء كل كميرا على التوالي ، اما بقطع سلك او عن طريق ملامسات كهربائية . في ما بعد طبق مويبريدج طريقته على مواضيع اخرى مختلفة مستخدما مبدأ صور الالعاب المتحركة لاحداث صور متحركة .

(٢) - صنع ايتيان جول ماري (١٨٣٠ - ١٩٠٣) الكميرا البندقية عام ١٨٨٢ وكانت اول كميرا واحدة تستطيع التقاط سلسلة من الصور . كانت تصوب كما تصوب البندقية فتلتقط ١٢ صورة صغيرة في الثانية على صفيحة فوتوغرافية دائرية عندما يكبس على الزناد . لم يحدد ماري نشاطاته بالمواضيع التي تستطيع فتح الغطاء بنفسها ، وقد التقط عدة سلاسل من صور الطيور .

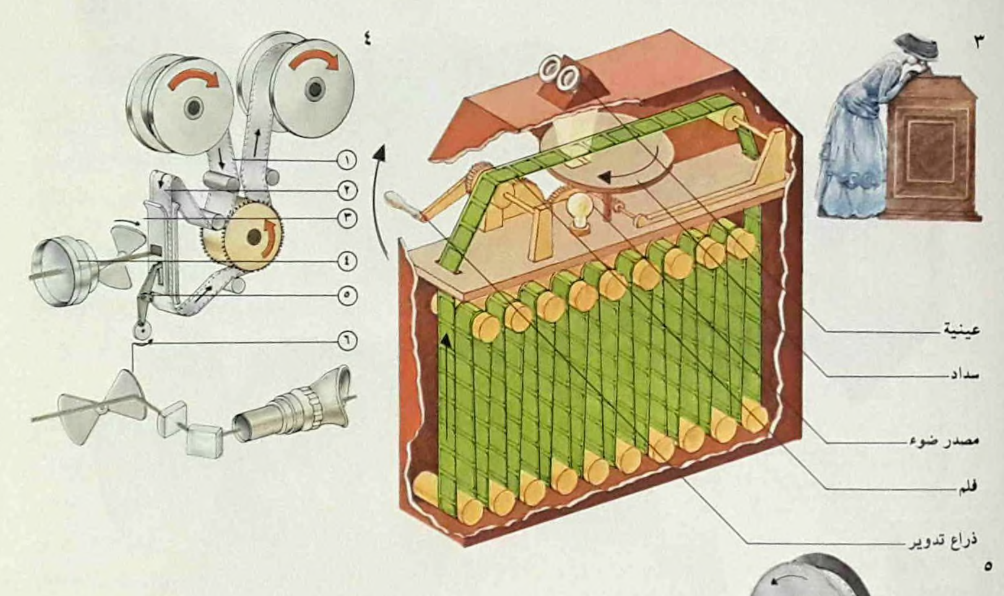
(٣) - كان توماس اديسون اول من استعمل فلما مرنا لاظهار صور متتالية على انها متحركة . ظهرت آلته (كينيتو سكوب) لعرض الصور المتحركة للمرة الاولى عام ١٨٨٩ وكانت تحتوي على لفة فلم طوله ١٥ م يدار باليد بواسطة مرفق . كان قرص دائري له فتحات يدور متزامنا مع دوران الفلم فيسقط مشهدا لكل صورة على المنظار حيث يراها مشاهد واحد . اعطت هذه الالة اول عرض متحرك .

(٤) - في الكميرا السينمائية ينتقل الفلم المستعمل (١) من البكرة الى الممر (٢) . يضبط غطاء دوار (٣) التعريض للضوء المركز في بؤرة من خلال عدسة (٤) فتحصل صورة مقلوبة شبيهة بالصورة الحاصلة في كميرا ساكنة . عندما يكون الغطاء مغلقا يسحب جهاز مخلبي (٥) الفلم عبر الممر بخطى موزونة . بين الخطى ينفخ الغطاء ، ثم ينغلق وهكذا يسجل المشهد بشكل سلسلة من الصور

بمعدل ١٦ او ٨ في الثانية تحدث حركة سريعة عند عرضها بالسرعة العادية .

الكميرا

لجميع الكميرات السينمائية محرك يكون عادة كهربائيا واحيانا يعمل مثل آلية الساعة - لنقل الفلم من ملف الى آخر - لجميع الكميرات عدسة وغطاء متحرك وآلية بوابية . وفي ما عدا هذه العناصر يبقى الاختلاف بينها كبيرا . لابسط الكميرات عدسة بؤرية ثابتة واجهزة بسيطة للتعريض الآلي تؤمن نتائج مرضية في التصوير الخارجي . اما الكميرات المتعددة الاستعمالات فهي مجهزة بعدسات تمكن من تزويم (تقريب وتبعيد سريع) تمكن من التقاط صور باحجام مختلفة . يكون لهذه العدسات عادة جهاز للتحكم ببؤرتها ونظام لتحديد الابعاد . في الكميرات الاكثر تعقيدا فقط يمكن رفع



الملتقطة على التوالي . يستخدم المنظار العاكس غطاء مرآويا (٦) . عندما يكون الغطاء مغلقا تنعكس الصورة عبر العدسة من سطح المرآة على المنظار . نتيجة لذلك تكون الصورة الموجهة عبر الموشور ومجموعة عدسات المنظار مطابقة تماما للصورة المارة عبر عدسة الكميرا . في المنظار يرى المصور السينمائي الصورة ذاتها التي « تراها » عدسة الكميرا .

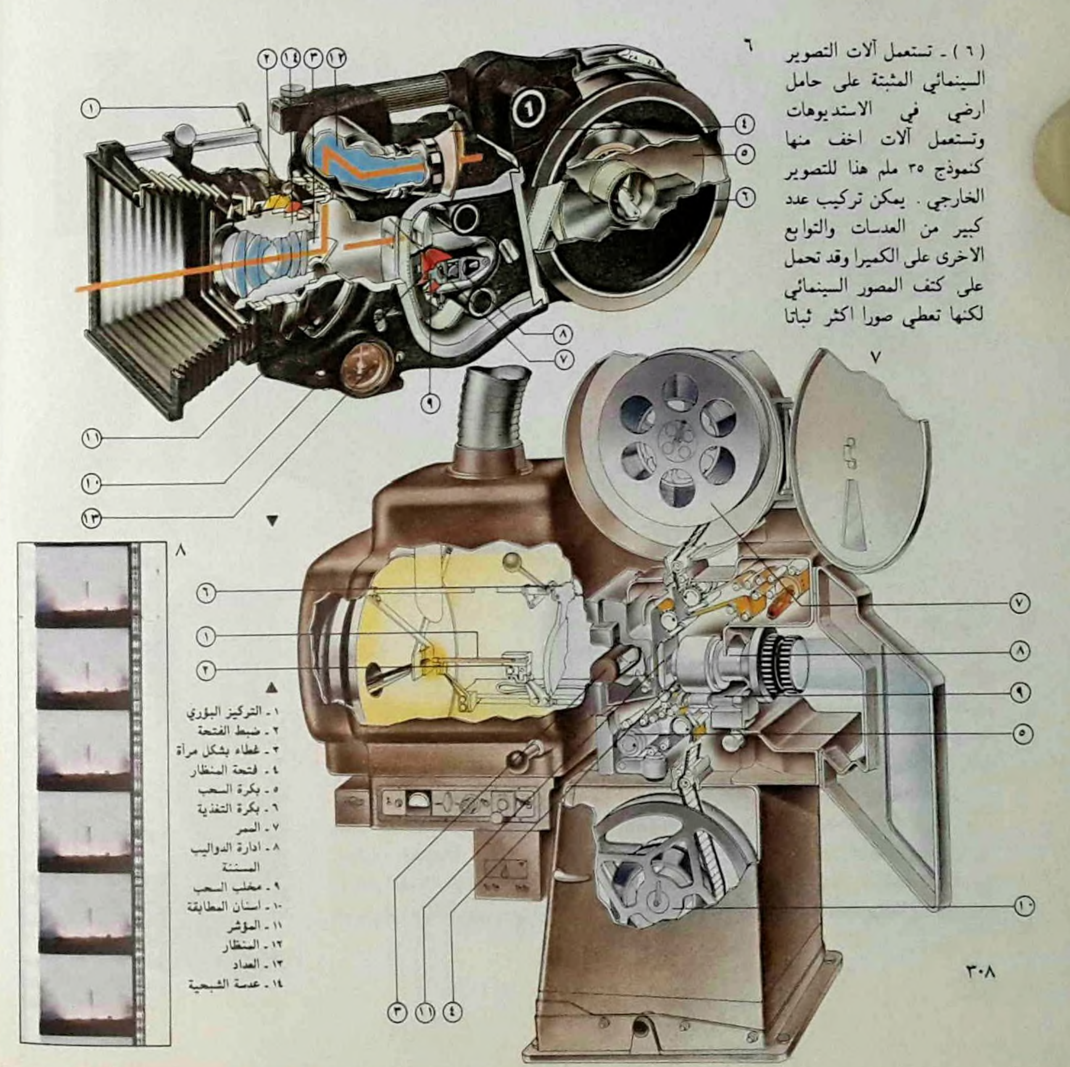
---

(٥)- حدث تطور كبير في عرض الافلام عندما اخترع الاخوان لوميير عام ١٨٩٥ اول آلة عرض سينمائي اطلقا عليها اسم « سينما توغراف » . كما هي الحال في آلات العرض الحالية كان الفلم (١) ينتقل من بكرة (٢) الى اخرى مارا بشكل متقطع عبر ممر ضيق (٣) وكان غطاء متحرك يتحكم بمصدر الضوء فيعرض الصور تباعا من خلال عدسة (٤) . احرزت الصور المتحركة نجاحا فوريا ولم تمض عشر سنوات حتى اصبحت الصناعة السينمائية حقيقة واقعية .

العدسة ووضع عدسة اخرى مكانها . تحتل كميرات سوبر ٨ مرتبة في التعقيد بين الكميرات البسيطة جدا والآلات المعقدة التي يصعب تمييزها عن كميرات الستة عشر ملمترا التي يستعملها المحترفون .

فلم الكميرا السينمائي

يستعمل فلم الكميرا السينمائي بخمسة عروض مختلفة ؛ ٧٠ ملم و ٣٥ ملم و ١٦ ملم و ٩ ١/٢ ملم و ٨ ملم . يستعمل العرضان الاول والثاني من قبل شركات الافلام الكبرى في كميرات كثيرة التعقيد وغالية الثمن . غالبا ما تستعمل هذه الكميرات بعدسات موسعة تزيد من عرض الصورة لعرضها على شاشة واسعة . يستعمل فلم الـ ١٦ ملم لالتقاط الصور التلفزيونية التي يلتقطها هواة جديون . ولفلم سوبر ١٦ ملم نوع خاص يعطي مساحة اكبر لكل صورة وهو معد لاخذ صور عريضة ثم



(٦) ـ تستعمل آلات التصوير السينمائي المثبتة على حامل ارضي في الاستديوهات وتستعمل آلات اخف منها كنموذج ٣٥ ملم هذا للتصوير الخارجي . يمكن تركيب عدد كبير من العدسات والتوابع الاخرى على الكميرا وقد تحمل على كتف المصور السينمائي لكنها تعطي صورا اكثر ثباتا

١ ـ التركيز البؤري
٢ ـ ضبط الفتحة
٣ ـ غطاء بشكل مرآة
٤ ـ فتحة المنظار
٥ ـ بكرة السحب
٦ ـ بكرة التغذية
٧ ـ الممر
٨ ـ ادارة الدواليب المسننة
٩ ـ مخلب السحب
١٠ ـ اسنان المطابقة
١١ ـ المؤشر
١٢ ـ المنظار
١٣ ـ العداد
١٤ ـ عدسة الشبحية

تطبع على اشرطة افلام عرض ٣٥ ملم . حل فلم سوبر ٨ ملم عمليا محل فلم ٩،٥ ملم منذ حوالى ربع قرن لكن هذا الاخير ما يزال له مؤيدوه .

لما كان الفلم الواحد يستعمل عادة لالتقاط الصور ولعرضها تصور اكثر الاشرطة السينمائية على افلام قابلة للانعكاس الملون حيث يصبح الفلم موجبا بعد تظهيره . تبلغ حساسيتها عادة ٤٠ اسا (١٧ دين) في الضوء الاصطناعي او ٢٥ آسا (١٥ دين) في ضوء النهار . وعيارا آسا ودين هما قياس سرعة الفلم اي مدى حساسيته للضوء . لكميرات سوبر ٨ مرشح داخلي يمكن من استعمال الافلام (٤٠ آسا - ١٧ دين) المعدة للضوء الاصطناعي في ضوء النهار . وتوجد افلام سرعتها ١٦٠ آسا (٢٣ دين) يمكنها التصوير في ظروف اضاءة ضعيفة . وتستطيع كميرات من طراز XL ، مصممة خاصة للاضواء الضعيفة ، التصوير في اضاءة منزلية عادية باستعمال هذه الافلام .

عرض (اسقاط) وتحرير الافلام

تعرض الافلام بالسرعة المناسبة للمشاهدة العادية ، فيعرض الفلم بشكل سلسلة من الصور الساكنة . فاذا تعاقبت الصور بسرعة كافية تكون النتيجة صورا متحركة . ولتلافي الارتجاج ينغلق غطاء آلة العرض ثم ينفتح خلال الوقت المخصص لكل صورة . وهكذا نشاهد في السينما ٤٨ صورة في الثانية تظهر كل واحدة منها مرتين .

في آلات العرض المنزلية يعرض الفلم الاصلي اما في الاعمال المحترفة فقلما يحدث ذلك . تصنع النسخ لتكوّن فلما كاملا . حسب ترتيب محرر الفلم . في هذه المرحلة تؤمن النتائج الضوئية المطلوبة . تشتمل هذه النتائج على « التضاؤل » اي احلال مشهد محل آخر بطريقة تدريجية ، و « المسح » الذي يزيل فيه مشهد جديد تدريجيا المشهد السابق . عندئذ تصنع نسخة سالبة اصلية للفلم بكامله تستخدم لانتاج جميع النسخ المعدة للتوزيع .

قد تكون مدارج الصوت (الجزء من الفلم الذي يحمل تسجيل الصوت) على جانب الفلم مغنطيسية او بصرية (٨) .

عندما تثبت على حامل ثلاثي القوائم . تركب لفات الافلام بشكل متحاور بحيث يظل التوازن ثابتا . ولتخفيف الضجيج الى ادنى حد توضع الكميرا في غلاف ثابت له فتحة امام العدسة . تزود البوابة باسنان تدخل في ثقوب الفلم لتأمين تركيز كل صورة أمام الفتحة .

---

(٧) - تستعمل آلات العرض السينمائي كهذه الآلة لأفلام ٣٥ ملم و ٧٠ ملم اقواسا مضيئة قطباها من الكربون (١) لاعطاء نور ساطع . تتقارب قطعتا الفحم آليا (٢) لتظل القوس ثابتة عند احتراقهما تدريجيا . يسمح الغطاء الدوار (٣) للضوء ، بالمرور من خلال الفلم ما دام ثابتا ويحول دون مروره كلما نقلت الآلية المتقطعة الفلم الى صورة جديدة . لبعض آلات العرض الصغيرة مصادر ضوء (زينون) المتذبذب الذي تمكن ومضاته من الاستغناء عن الغطاء . تعمل الدواليب المسننة (٤) على دفع الفلم الى الفتحة ومنها بدون انقطاع . فوق الممر الضيق وتحته تؤمن عرى صغيرة في الفلم حركة متقطعة . لتأمين استعادة جيدة للصوت لا بد ان يسير الفلم بهدوء تام عبر لاقطات الصوت المغنطيسية او البصرية (٥) . لآلة العرض مكبرات للصوت . ومن اجزاء آلة العرض الرئيسية الحجاب الواقي (٦) وبكرة التغذية (٧) ، وعدسة (٨) والضابط البؤري (٩) وبكرة السحب (١٠) وموجة حركة الفلم(١١).

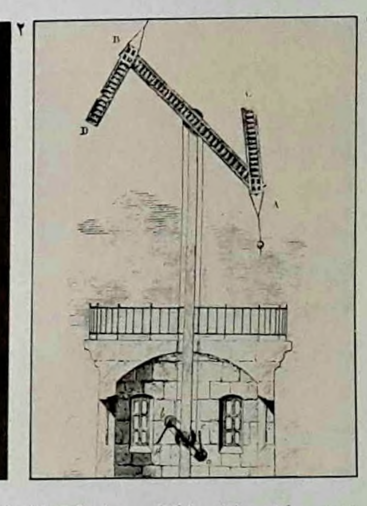
---

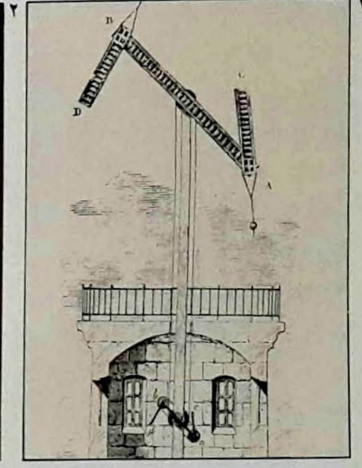
(٨) - يتألف الفلم السينمائي من سلسلة من الصور الجاهزة للعرض . في كل صورة لاحقة تُحرك قليلا مواضع الاشياء المتحركة عن الصورة السابقة . تمكن الثقوب الجانبية في الفلم بواسطة المسننات الجانبية من وضع كل صورة بدورها في المكان المناسب امام فتحة الممر . يحمل شريط متغير المساحة على احد جانبي الفلم مدرج تسجيل الصوت . فعندما يمر هذا المدرج في خلية حساسة للضوء المنبعث تحدث اشارات صوتية .

المواصلات : التلغراف (الابراق)

احدث التلغراف تغييرا كبيرا في المواصلات البعيدة التي كانت تعتمد عبر آلاف السنين على رحلات الرسل البطيئة وغير المؤكدة على الاقدام او على ظهور الخيل او على متن السفن . استعملت لمدة طويلة اشكال بسيطة من الاشارات بالاعلام (السمافور) لكن نقل الرسائل على مسافات تتعدى مدى البصر كان عليه ان ينتظر حتى اكتشاف الكهرباء . تعزى هذه الفكرة منذ عام ١٧٥٣ الى الطبيب السكتلندي تشارلز موريسون في رسالة لمجلة سكوتش . وفي عام ١٧٦٤ صنع جورج لويس ليساج في جنيف تلغرافا كهربائيا اختباريا يستخدم الكهرباء الساكنة ومكشافا كهربائيا وقام بتشغيله فعلا .

١

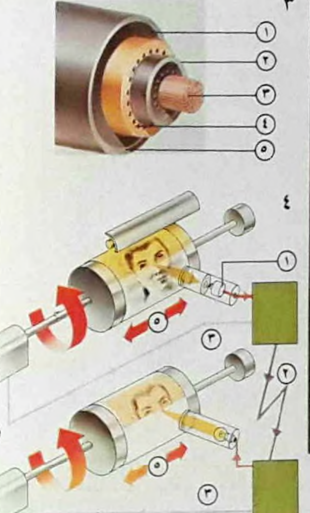




٢

٣

٤



(١) ـ كانت اولى اشكال المواصلات البعيدة ، اذا ما استثنينا طبول الادغال واشارات الدخان والوسائل البدائية المماثلة ، الاشارات بالاعلام البصرية التي اخترعها كلود شاب واستعملها الجيش الفرنسي عام ١٧٩٤ . كان تلغراف شاب مؤلفا من ملوحتين تديرهما الايدي فوق سلسلة من الابراج المبنية على تلال كل منها على مرأى من الآخر .

(٢) ـ ركب تشارلز هويتستون ووليم كوك اول تلغراف تجاري في العالم عام ١٨٣٩ في انجلترا . كان زوجان من المفاتيح الكهربائية يجعلان كل ابرة تتجه في كل من الاتجاهين .

(٣) ـ كانت الكبلات تحت المائية النموذجية الاولى تتألف من اسلاك عادية من النحاس (٣) تتألف عادة من اشرطة نحاسية رقيقة منسوجة حول سلك سميك ، طبقة عازلة من صمغ جاوه (٢) وطبقة من الياف القنب (٤) مدموجة فيها اسلاك فولاذية مغلفنة لتقويتها ، وطبقة اخرى (١) من القنب وطبقة خارجية (٥) كاتمة للماء لها من المتانة ما يمكنها من مقاومة التلف بالاحتكاك .

(٤) ـ تستعمل الصحف على نطاق واسع ارسال الصور تلغرافيا . تضاء الصورة ثم تمسح بواسطة خلية كهرضوئية بشكل خطوط متوازية يحول نصوع كل عنصر بواسطة الخلية (١) الى اشارة كهربائية ترسل (٢) تلغرافيا وتحول آلة في الطرف المستقبل الاشارة الى صورة تطبعها نقطة وفقا للاشارات الواردة . كما ان تزامن المحركين (٤) والمحور العرضي (٥) يتمان بواسطة موجات نابضة (٣) .

(٥) ـ ليس مفتاح مورس في اساسه سوى مفتاح كهربائي . لهذا المفتاح الاول الثنائي القطب دارة مغلقة بين

التلغراف ذو السلك المفرد

في اواخر القرن الثامن عشر كان نابوليون بونابارت (١٧٦٩ ـ ١٨٢١) اول من استعمل التلغراف بطريقة منتظمة وكان ما يزال يعتمد على النظام البصري الذي اخترعه التاجر الفرنسي كلود شاب (١٧٦٣ ـ ١٨٠٥) للحصول على تقارير وارسال اوامر الى جيوشه (١).وفي عام ١٨١٦ اخترع الانجليزي فرنسيس رونالد (١٧٨٨ ـ ١٨٧٣) تلغرافا بسلك مفرد .

بعد ذلك بعشر سنوات صنع الامريكي هريسون غراي داير اول تلغراف كهربائي عملي مستخدما الخلية الفلطية (البطارية) المخترعة حديثا ومحلولا كيميائيا يشير الى وجود تيار كهربائي بتكوين فقاقيع بين قطبين . تمت الخطوة الاخيرة في تطور التلغراف الكهربائي عام ١٨٣١ عندما استبدل امريكي اخر هو جوزف هنري (١٧٩٧ ـ ١٨٧٨) مؤشر « داير » الالكتروني بجرس

النقطتين ١ و ٢ عندما يكون ساكنا . عندما يكبس على المفتاح تقطع الملامسة وتصبح الدارة مغلقة بين ٢ و ٣ ويتحول التيار الداخل عن طريق الخط الاسود من الخط الازرق الى الخط الاحمر .

(٦) ـ تلغراف مورس المستقبل والطابع هذا يعمل باقفال دارة جهاز الارسال(مفتاح بسيط). ينشط التيار الاسلاك (١) وتحرك الذراع (٢) تحت تأثير الجذب المغنطيسي فتصل القرص الطابع (٣) بشريط ورقي ما دام التيار في الدارة . ويكون القرص بمماسة اسطوانة مغموسة في حبر الالة الطابعة وتؤمن حركة الشريط الورقي ذراع (٤) ذات آلية ساعية . وقد تبين ان العامل الماهر يقرأ الرسالة الصوتية بسرعة تفوق سرعة قراءته للشريط المحبر .

(٧) ـ يتألف التلكس الحديث من آلة كاتبة (أ) وقرص تلفون (ب) غالبا ما يكونان مركبين على لوحة واحدة . يستخدم العامل وحدة التوجيه (القرص) (١) لطلب رقم تلكس المرسل اليه ثم يطبع الرسالة مستخدما مفاتيح الآلة الكاتبة (٢). يمكن ايضا تحضير الرسالة بشكل شريط مثقب (٤) وادخاله في الآلة لسرعة الارسال او عندما تكون الخطوط حرة . كما تطبع الرسالة دائما على ورقة (٣) لتدقيقها . عندما لا تستعمل الالة للارسال تظل جاهزة للاستقبال . ينبه جرس العامل المستقبل الى ورود رسالة واذا كان العامل غائبا تنشط الطابعة لكتابة الرسالة على الورقة (٣) . وهكذا تخزن الرسائل الواردة بشكل مطبوع على الآلة الى ان يعود العامل .

كهربائي معتمدا على مبدأ الكهرطيسية الذي اكتشفه عام ١٨١٩ الفيزيائي الدانمركي هانس كريستيان اورشيد (١٧٨٧ ـ ١٨٥١) .

صمم انجليزيان هما وليم كوك (١٨٠٦ ـ ١٨٠٩) وتشارلز هويتستون (١٨٠٢ ـ ١٨٧٥) وصنعا اول تلغراف تجاري في العالم (٢) .

رموز مورس والتطورات اللاحقة

حتى هذا التاريخ كان كل مخترع يضع رموزه الخاصة . وكان الامريكي صموئيل مورس (١٧٩١ ـ ١٨٧٢) المخترع والمصور اول من لاحظ الاهمية العملية والتجارية لوضع رموز موحدة . في عام ١٨٣٧ اجرى تجربة على رموزه ، وكانت رموز مورس المعدلة هي التي مكنت في ما بعد من تطوير التلغراف الكهربائي على النطاق العالمي . كانت دارة هذا التلغراف تقوم اساسا على سلك فردي تكملها بطارية ومفتاح بين السلك والارض

٨

اشارات كهربائية للرموز بخمس وحدات	رموز بخمس وحدات	اشارة كهربائية لرموز مورس	رموز مورس	الحرف
التوقف البدء				A
				E
				O
				Y

٩



١٠



(٨) ـ للتيليبرنتر او التلكس شفرة بسبع وحدات ، وحدة انطلاق ووحدة ايقاف وخمس وحدات لتحديد الاحرف . تمكن وحدتا الانطلاق والايقاف من تزامن وحدات الشفرة الخمس لكل حرف مرسل بالرغم من ان عاملين لا يعملان بالسرعة ذاتها او بانتظام واحد .

(٩) ـ اصبح نقل الرسائل التلغرافية ناجحا كل النجاح عام ١٨٦٦ . بعد ذلك سرعان ما مدت شبكة من الكبلات عبر المحيطات . تبين الخارطة طرق المواصلات الحالية عبر الاطلسي . اكملت المواصلات بواسطة الراديو في العشرينات وبالاقمار الاصطناعية في الستينات .

من جهة الارسال (٥) ومصوات كهرطيسي بين السلك والارض من جهة الاستقبال .

كان وضع كبلات تحت البحر (٩ و ٣) تطورا طبيعيا للتلغراف الكهربائي . وقد شجع وضع كبل عبر بحر المانش عام ١٨٥٠ المهندسين على محاولة القيام بعمل اكثر صعوبة وهو مد كبل عبر المحيط الاطلسي . نجحت هذه العملية عام ١٨٥٨ عندما مد كبل بين ارلندا ونيوفوندلاند (كندا) لكن الاتصال

١١



(١٠) ـ تصمم السفينة واضعة الكبلات بحيث تلقي في قاع البحر كيلومترات من كبلات التلغراف من خلال بكرة مثبتة في مقدمتها . اصبح وضع الكبلات اليوم عملية روتينية لكنها استغرقت من رجل الاعمال سيبروس و . فيلد (١٨١٩ ـ ١٨٩٢) ٩ سنوات و ٥ محاولات للنجاح في وضع كبل تلغرافي عبر المحيط الاطلسي عام ١٨٦٦ . لوضع هذا الكبل استخدم المهندسون اكبر سفينة تعمل آنذاك هي الباخرة غريت استون العاملة بدافعة مروحية .

(١١) ـ كان جهاز اميل بودو المتعدد يمكن عمالا من بث عدة رسائل على خط واحد وفي آن واحد . كان جهاز كل عامل يتصل بدوره بموزع في ما يكفي من الوقت لارسال حرف واحد بشكل شفرة خماسية الوحدات وكان جهاز الاستقبال المتزامن تماما مع جهاز الارسال يستطيع فصل الاشارات المرسلة « وقراءتها » .

الموثوق لم يتم قبل عام ١٨٦٦ (١٠) . نظرا لأكلاف وضع الكبلات الباهظة وجه المهندسون انظارهم نحو طرق تمكن من بث عدد من الرسائل في آن واحد عبر كبل واحد . وحدث تقدم باهر عام ١٨٧٤ عندما اخترع الفرنسي اميل بودو (١٨٤٥ ـ ١٩٠٣) آلة تمكن من مزج ست رسائل معا وتفريقها عند الوصول .

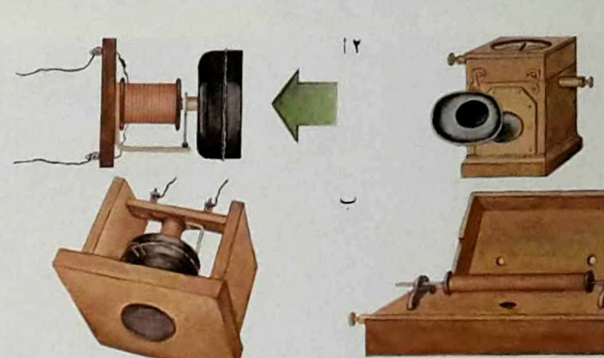
التلغراف الآلي

انصبت جهود كبيرة خلال عدة سنين على البحث عن طريقة تلغرافية آلية تمكن من اختصار الوقت الذي يكرس لتحويل الرسائل الى رموز ثم حل هذه الرموز . صنع دافيد هيوز (١٨٣١ ـ ١٩٠٠) استاذ الموسيقى الامريكي اول تلغراف طابع عملي عام ١٨٥٤ (٦) ، ولكن هذا ايضا كان بطيئا . في عام ١٩٢١ اخترع الروسي ن . ب . تروسيفيتش ما يسمى بجهاز ستارت ـ ستوب الذي اصبحت معه الطابعة التلغرافية ممكنة . حل هذا الاختراع مشكلة التزامن التام بين آلة الارسال وآلة الاستقبال عندما تكون سرعة عامل الارسال تتغير قليلا من حرف الى آخر (٨) . تستطيع الطابعة التلغرافية (التليبرينتر) الحديثة التي تستعمل الشفرة الخماسية الوحدات ارسال ما لا يقل عن ١٣ حرفا في الثانية بواسطة شريط ورق مثقب يعده العامل مسبقا بسرعته الخاصة . يمكن التلكس (٧) من ارسال ما لا يقل عن ٢٦ رسالة على الطابعة التلغرافية تنقل على خط تلفوني واحد . كما جاء التصوير التلغرافي (٤) ليكمل مجموعة وسائل المواصلات التلغرافية الحديثة .

المواصلات : الهاتف

غالبا ما يصل مخترعون يعمل كل منهم على حدة الى حل مشابه للمشكلة ذاتها . هذا ما حدث عام ١٨٧٦ عندما تقدم الكسندر غراهام بل (١٨٤٧ - ١٩٢٢) وهو استاذ اسكتلندي لعلم الوظائف الصوتية يعمل في الولايات المتحدة بطلب لتسجيل براءة اختراع هاتفه الكهربائي قبل ان يتقدم الامريكي اليشع غراي (١٨٣٥ - ١٩٠١) بالطلب ذاته بساعات قليلة لتسجيل آلة مماثلة . حصل بل على البراءة وما زال يعتبر عادة المخترع الوحيد للهاتف .

كان جهاز بل (٢) يستعمل للارسال والاستقبال ولم يكن بحاجة الى بطارية . لكن التيار الذي كانت تولده ذبذبات الطبلة في



(١) - كان للهاتف البدائي الذي اخترعه الالماني فيليب رايز حوالى عام ١٨٦١ جهاز ارسال (أ) ذو رأس معدني مسترق يمس برفق شريطا معدنيا مثبتا على طبلة . كان رايز يعتقد ان الدارة المتقطعة الحاصلة عن ذبذبات الطبلة تحدث تيارا كهربائيا متغيرا يمكن تحويله الى صوت . وكان الجهاز المستقبل (ب) مبنيا على تغير طول ابرة حديدية في مجال مغنطيسي .

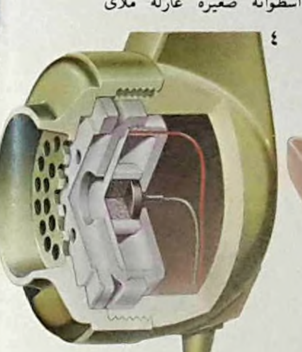
(٢) - كان اول هاتف صنعه بل يستخدم طبلا من جلد رقيق كان يتذبذب عندما تصله موجات صوتية . وكانت قطعة حديدية مثبتة على نابض قصير بحيث يظل مستقرا برفق على الجلد (أ) وقد ثبت كهرطيس (ب) بحيث يكون احد قطبيه قريبا من قطعة الحديد . عندما كان الجلد والحديد يتذبذبان كانا يحرضان في الملف تيارا كهربائيا ضعيفا ومتغيرا . وعندما كان جهازان من هذا النوع متصلين معا كان التيار الحاصل عن احدهما ينشط المغنطيس في الجهاز الآخر فيجعل قطعتي الحديد والجلد تتذبذبان بالتناسق مع الجهاز الاول . بهذه الطريقة كان اي صوت او اية ذبذبة في جلد الطبلة يحدث ذبذبات مماثلة في جلد الطبلة الاولى .

٣

(٣) - لاجهزة الهاتف العصرية مجموعة من الازرار الضاغطة الحديثة بدلا من الاقراص المدرجة التقليدية . يمكن اختيار الرقم عند ضغط الازرار بمزيد من السرعة ويعمل مركز الكتروني بسرعة المستعمل في طلب الرقم . اذا استعمل هاتف بازرار ضاغطة في مركز ستروغر لا بد من تخزين الرقم في ذاكرة ثم تحويله الى نبضات بالسرعة التي تستطيع المنتخبات تأمينها . وعلى الرغم من هذا القصور يظل نظام الازرار الضاغطة اكثر ملاءمة .

٥ ث ج ذ

(٤) - قلب المذياع الكربوني اسطوانة صغيرة عازلة ملأى بحبيبات الكربون . يضغط وسط حجاب معدني على الطرف المفتوح من الاسطوانة . فعندما يتذبذب الحجاب يتغير الضغط على الحبيبات مما يسبب تغير المقاومة الكهربائية



المذياع (الميكروفون) كان ضعيفا فلم يصلح للمخابرات الهاتفية على مسافات طويلة .

المذياع (الميكروفون) ومراكز التبادل الهاتفي

في عام ١٨٧٧ اخترع الامريكي توماس اديسون (١٨٤٧ - ١٩٣١) المذياع الكربوني وبمصادفة اخرى اخترع العالم الانجليزي دافيد هيوز (١٨٣١ - ١٩٠٠) بعد سنة ، وبمعزل عن اديسون ، مذياعا مماثلا . ويعتبر الان هيوز المخترع الحقيقي لهذا المذياع . يعدل المذياع الكربوني (٤) تيارا كهربائيا من مصدر مستمر فيحدث فلطية تتغير ترددانها بتغير الموجات الصوتية . وهو يستعمل حتى اليوم في اجهزة الارسال الهاتفية الحديثة . وتتكون اجهزتها المستقبلة من سماعة كهرطيسية شبيهة بالسماعة التي سجلها بل . يحدث تغير الفلطية في ملف السماعة ذبذبة فيها . مع مصدر التيار المطرد المرتبط يمر تيار متغير وهذا التيار هو الذي يشغل السماعة .

(٥) - تمكن شبكة التبادل مشتركي الهاتف من طلب اي رقم داخل النظام القومي . تدل الخطوط والارقام على الاتجاه الذي يمكن ان توجه اليه المكالمة وشارة الدلالة الخاصة بكل اتجاه . المربعات التي تكون دائما مزدوجة ، هي مراكز التبادل الرئيسية احدها للمخابرات المحلية والآخر للمخابرات البعيدة . تمثل الدوائر مراكز ثانوية والموجودة في اعلى اليمين من الرسم تؤمن الاتصالات المتبادلة في داخل المدينة . ان كل مراكز (بدالات) المدينة والمحلية والرئيسية لها خطوط لجميع المشتركين ويستطيع مشترك في المركز (ب) ان يطلب ارقاما في المركز (ن) بادارة الرقم « ٩ » في بادىء الامر . وللاتصال بارقام المركز (و) عليه ان يدير الرقم « ٩٨٧ » لطلب المركز (س) عليه ان يدير الرقم « ٩٩١ » ولطلب رقم في المركز (ت) يدير الرقم « ٩٩١٨٦ » . توجه المكالمة البعيدة المدى بين المركزين (ب) و (م) بادارة الرقم « ٧٢١٨٨ » . عن طريق مركز التبادل الرئيسي (ن) المحتوي على تجهيزات لتحديد كلفة المكالمات البعيدة المدى . تبدأ مكالمة مركز التبادل في المدينة بالرقم « ٠٥١ » الذي يربط المكالمة بمركز التوزيع (أ) الذي يوجه المكالمة آليا بأقرب طريق ممكن بواسطة مراكز التبادل في المدينة الاخرى . توجه المكالمات الخارجية بواسطة مركز التبادل الرئيسي الى اقرب مركز تبادل دولي تنقل منه الى البلد الاخر .

في الطبلة المعدنية فتنقل اصواتا الى الاذن .

ليصبح الهاتف عمليا كان لا بد من اكتشاف طريقة توصيل مشترك بين اي زوج من عدد من اجهزة الهاتف . افتتح اول مركز تبادل هاتفي (بدالة او سنترال) في نيوهافن بولاية كونيتيكت عام ١٨٧٨ وركب مركز تبادل (بدالة) مشابه بين ثمانية خطوط في لندن بعد ذلك بسنة وكان عامل الهاتف يستعمل قوابس (مأخذ) ووقبات للوصل بين المتخاطبين .

في عام ١٨٨٩ صمم الامريكي المون ستروغر ، الذي كان يزعجه سوء الخدمة في مركز الهاتف المحلي ، منتخبا آليا . افتتح اول مركز آلي في لابورت (انديانا) عام ١٨٩٢ واصبح منتخب ستروغر الالي الكهربائي شائع الاستعمال في العالم لمدة نصف قرن . منذ عام ١٩٢٦ حل اختراع آخر وهو مفتاح التوصيل التصالبي ، محل منتخب ستروغر في

(٦) - لنتصور هاتف مكالم مرتبطا بملامس المسح (ت) لمنتخب ستروغر . يطلب المكالم الرقم ٣٠٦٤ . فعند ادارة الرقم ٣ ترفع ٣ نبضات كهربائية الملامس الى الصف الثالث من الملامسات ثم يتنقل عليه الى ان يعثر على خط حر (في الرسم توقف الملامس عند الوصلة الخامسة لان الخطوط الاربعة ما يزال يشغلها مكالمون اخرون) . تصل الملامسة الخامسة بملامس مسح (ب) منتخب اخر ثم ترتفع الى الصف العاشر وتنتقل عليه الى ان تعثر على خط حر هو ايضا الخامس لانشغال الخطوط الاربعة الاولى . هناالخط متصل بملامس المسح (أ) من منتخب ستروغر الثالث . وبينما كان الملامسان الاول والثاني يبحثان عن خط عام يقع هنا الملامس الثالث على خط المشترك الذي يحدده الرقم ٦٤ . عندئذ ينتقل ملامس المسح الى الصف السادس استجابة لادارة الرقم الثالث « ٦ » وينتظر الى ان يدار الرقم « ٤ » المؤدي الى الهاتف رقم « ٣٠٦٤ » .

السويد، وهو يستعمل الان في كل من الولايات المتحدة وبريطانيا .

الكبلات (حبال الاسلاك المعزولة) الهاتفية

ان ابهظ الاكلاف في اية شبكة للهاتف لمسافة بعيدة هي اكلاف الاسلاك التي تربط بين المشتركين . اعطى البحث حول مشكلة استخدام كبل واحد لاكثر من مخابرة هاتفية في آن واحد ثماره عام ١٩٣٦ .



٨

(٧) - تمكن الكابلات المتحدة المحور من اجراء عدد من المخابرات الهاتفية في آن واحد على دارة واحدة . يمر كل من ست مخابرات في الخطوط أ - ح عبر احد اجهزة التضمين ف ١ - ف ٦ التي تكيف ٦ موجات ناقلة مختلفة وفقا للاشارات الصوتية . عندئذ تدخل الحاملات المضمنة الست في كبل متحد المحور . في الطرف الآخر يؤالف كل من ٦ مرشحات م ١ - م ٦ لاستقبال واحد فقط من الترددات الحاملة . وهكذا يدخل واحد فقط من الحاملات الست في كل من الكاشفات الستة التي تفصل الاشارات الصوتية عن الحاملات وتوجهها الى المشتركين الستة خ - س . ان جميع الدارات مزدوجة لتأمين الاتصال من الطرفين .

(٨) - برج مركز البريد في لندن مركز لشبكة الموجات الدقيقة في المملكة المتحدة . يؤمن هذا البرج الاف الدارات الهاتفية وما لا يقل عن ٤٠ قنالا تلفزيونيا تربط بين جميع انحاء الجزر البريطانية وتصلها بمحطات الاقمار الصناعية في كونهلي داونز وبمحطة الاتصال بالقارة الاوروبية الموجودة بالقرب من دوفر . يبلغ ارتفاع البرج حتى قمة الهوائيات ١٨٩ م وفي طبقاته الست عشرة الدنيا مجموعة من التجهيزات اللاسلكية ، توجد فوقها سلسلة من الاروقة المفتوحة تقوم حولها مجموعة من الهوائيات بشكل الصحون والابواق وفي القمة اروقة ومطعم للزوار .

لسنوات عديدة لم يكن الهاتف الالي يمكن المشترك الا من طلب مشترك اخر متصل بمركزه (بدالته) دون سواه . وكانت مشكلة الاتصال بمراكز اخرى تنتظر العثور على وسيلة آلية لتسديد ثمن المخابرات حسب المسافة ومدة المخابرة .

اليوم ، عندما تطلب مخابرة تصل التجهيزات الخط بمولد نبضات الكتروني وتسجل كل نبضة وحدة ثابتة على حساب المشترك . وتتوقف نبضة المولد المنتقاة على المسافة بين المشتركين . تستطيع الكبلات المتحدة المحور الحديثة نقل عدد متزايد من المخابرات في آن واحد . ولا زالت البحوث الجارية تنتج كبلات عديدة قادرة على نقل ما لا يقل عن ٣٠٠٠ مخابرة .

المخابرات الهاتفية بواسطة الموجات الدقيقة (ميكروويف)

تستخدم اجهزة الموجات الدقيقة الحديثة ابراج ترحيل تتراوح المسافة بينها بين ٥٠ و ٦٠ كلم . تستعمل الاشارات الهاتفية لتضمين حاملات موجات دقيقة بدلا من الحاملات الكهربائية المستعملة في الكبلات المتحدة المحور (٧) . نظام الموجات الدقيقة (٨) الذي يشتمل على حوالى ١٢٠ محطة بث عبر المملكة المتحدة هو نموذجي لهذا النوع . انه يعمل بـ ١٣٢ حامل مستقل للموجات الدقيقة يستطيع كل واحد منها تأمين ٢٧٠٠ مخابرة هاتفية في آن واحد كما تستخدم هذه الحاملات لترحيل الاشارات التلفزيونية . وللمواصلات بين القارات ترسل الموجات لدقيقة المضمنة الى اقمار صناعية حيث تكبر وترسل بدورها الى المحطات الارضية .

المواصلات: اللاسلكي

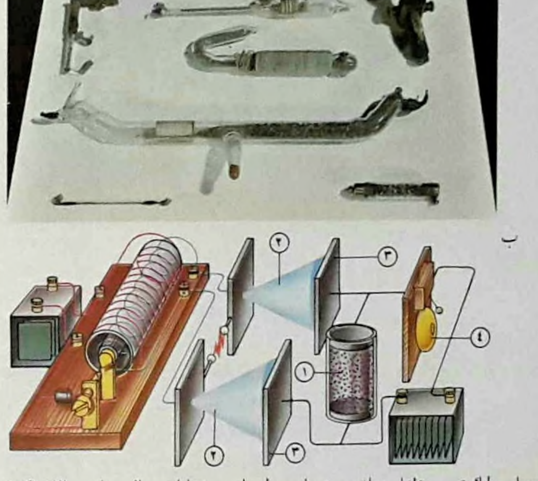
تمّ التكهن بالموجات اللاسلكيّة قبل اكتشافها. في عام ١٨٦٥ أكد عالم الفيزياء النظرية السكتلندي جيمس كلارك مكسول (١٨٣١ - ١٨٧٩) وجود شكل من الاشعاع غير المرئي. لكن حساباته كانت معقدة الى درجة جعلت بعض العلماء يرفضون الاخذ بها. وبعد ذلك بحوالى ٢٥ سنة بيّنت التجارب ان الموجات الكهرطيسية التي تشمل موجات غاما والموجات السينيّة والضوء المرئي والموجات اللاسلكية تتفق جميعها مع نظريته.

تمّت اول تجربة عملية لما نسميه اليوم بالموجات اللاسلكية عام ١٨٧٩ عندما صنع المخترع الانجلوامريكي ادورد هيوز (١٨٣١ -

١



٢ أ



(١) - في عام (١٩٠١) انبأت ثلاث نقاط ترمز الى الحرف بنجاح غوليلمو مركوني ونجاح التلغراف اللاسلكي المستقبل. بُثّت النقاط من كورنوول بانجلترا واستقبلها في نيوفونلند المخترع ذاته على مسافة ٣٥٢٠ كلم. كان جهاز البث يعمل بكهرباء يولدها محرك ديزل بقوة ٢٥ حصان بخاري. وله هوائي تحمله ٤ صوار ارتفاعها ٦١ م. اما الجهاز المستقبل فكان متصلا بهوائي ارتفاعه ١٣٢ م تحمله طائرة ورقية. برهن مركوني للعلماء المشككين عن اعتقاده الراسخ بان الموجات اللاسلكية قادرة على الانتقال حول انحناء الارض.

---

(٢) - كانت اولى المكاشيف اللاسلكية العملية الناقلات الرادارية الترابطية (أ) التي ابتكرها اوليفر لودج (١٨٥١ - ١٩٤٠). كان كل من هذه المكاشيف الظاهرة في الصورة مؤلفا من انبوب زجاجي طويل معبأ ببرادة الحديد ومثبتا بين صفيحتين معدنيتين. عندما تكون هذه الحبيبات ساكنة مفككة لا توصل الكهرباء لكنها اذا تعرضت لموجة كهربائية متذبذبة تترابط (يلتصق بعضها ببعض) وتشكل ممرا موصلا بين الصفائح. في الدارة التي ترى هنا (ب) يقوم الناقل الراداري الترابطي (١) بدور مفتاح كهربائي في دارة جرس كهربائي. وما ان تصل تيارات الموجات اللاسلكية (٢) الى صفيحتي الهوائي (٣) حتى تترابط حبيبات الناقل فيُقرع الجرس (٤).

٣

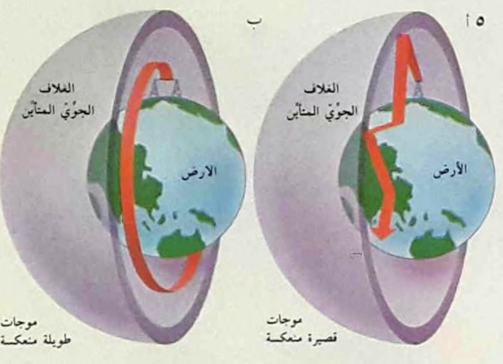


١٩٠٠) جهازا مرسلا ومستقبلا بسيطا وقام ببث اشارات بدون اسلاك على طول شارع غريت بورتلند بلندن . غير ان هيوز لم يدرك اهمية تجربته ولم ينشر نتائج اكتشافاته الا بعد ذلك بعشرين سنة .

البث الناجح

في حوالى عام ١٨٨٧ صنع العالم الالماني هينريش هِرتس (١٨٥٧ - ١٨٩٤) مولِّد شرر (٨) يُحدث موجات لاسلكية وجهاز استقبال يكشف وجودها على بعض المسافة . وقد برهن ، في سلسلة من التجارب وبطريقة قاطعة ، انه بالامكان نقل الطاقة على مسافة بطريقة لا يمكن عزوها الى التحريض وهو يعتبر اجمالا مكتشف الموجات اللاسلكية .

كان الانجليزي أوليفر لودج اول من صنع جهاز استقبال لاسلكي - اكثر حساسية من جهاز ارسال هرتس العامل بملف وفرجة





(٣) - الجهاز اللاسلكي ذو المكشاف البلوري في العشرينات ، وهو سابق الترنزيستور الحديث ، يستخدم بلورة من الكربورندم او من كبريتيد الرصاص ، وهي كناية عن نصف موصل يعدّل الموجة اللاسلكية الحاملة . وكانت هذه البلورة تنتج تيارا متناوبا له تردد الصوت الذي تنقله الموجة .



(٤) - يكشف الترانزيستور اللاسلكي الحديث ، مثل الجهاز اللاسلكي ذو المكشاف البلوري ، الموجة اللاسلكية الحاملة (او يزيل تضمينها) . غير ان الطريقة التي يستعملها هي اكثر تعقيدا بكثير . بعد ان يولد نظيرا كهربائيا للموجات الصوتية الاصلية تحدث سلسلة من الدوائر المكبرة اشارة لها من القوة ما يحفز جهازا صغيرا . لكن بينما كانت طاقة الموجة اللاسلكية كافية لحفز السماعات فان جهاز الترانزستور يحتاج الى بطارية .

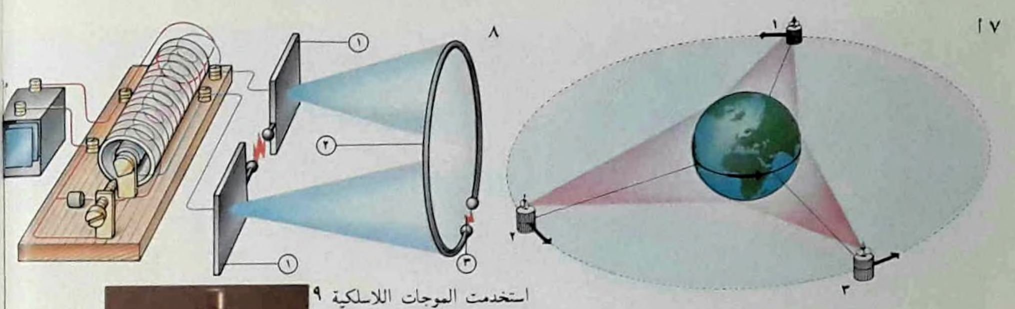
(٥) - يعمل الغلاف الجوي المتأين (الطبقة من الغاز المتأين في جو الأرض الأعلى) وسطح الأرض المنحني الموجود تحته معا كدليل موجات يلوي مسار الموجات اللاسلكية الطويلة (ب) حول الأرض . أما مسار الموجات المتوسطة فلا يلتوي بالقدر ذاته لذلك لا يمكن التقاطها على مسافة ابعد من بعض مئات الكيلومترات من مصدر البث . تنقل جميع الموجات اللاسلكية بخط مستقيم لكن الموجات القصيرة تُستعمل للمواصلات حول الأرض لأنها تنعكس بواسطة الغلاف الجوي المتأين وأيضا بسطح الأرض وكأنهما مرآتان (أ) . اما الموجات التي هي اقصر منها فتخترق الغلاف .

(٦) - للموجات اللاسلكية ترددات عالية (أ) . للموجات الصوتية ترددات اكثر انخفاضا منها (ب) . لكي يُبث الصوت باللاسلكي يضاف تردد الصوت الى الموجة اللاسلكية (الحاملة) . يعدل تضمين السعة مستوى طاقة الموجات الحاملة الفردية لاحداث (غلاف) ذي سعة متغيرة (ت) يطابق الموجات الصوتية . تظل سعة الموجة الحاملة ثابتة لكن تردد الموجة يتبدل لاحداث تردد شبيه بتردد الصوت (ث) .

شرر - يمكن استعماله لمواصلات لاسلكية عملية . كان هذا الجهاز يحتوي على مكشاف للموجات (ناقل رادي ترابطي) (٢) اخترعه الباريسي ادوار برانلي (١٨٤٤ - ١٩٤٠) في عام ١٨٩٤ . استخدم لودج جهازه للعمل على مسافة ١٣٧ م .

كان الرجل الذي اخرج اللاسلكي من حقل الاختبار الصرف هو الايطالي غوليلمو مركوني (١٨٤٧ - ١٩٣٧) . بعد فشله في حمل الحكومة الايطالية على الاهتمام بعمله انتقل الى انجلترا . وفي عام ١٨٩٨ حقق اتصالا لاسلكيا بين البر الرئيسي بقرب دوفر والسفينة الخفيفة ايست غودون الراسية على مسافة ١٩ كلم . بعد ذلك بسنة جهّز مركوني الباخرة الامريكية سانت بول بجهاز لاسلكي . وتم تلقّي اول رسالة عن بعد ٩٧ كلم .

في عام ١٩٠١ ادهش مركوني العالم







(٧) - تؤمن الاقمار الصناعية للاتصالات . وهي ملك لاتحاد حوالى ٨٠ دولة . القسم الاكبر من مجموع المواصلات العالمية . ان اقمار انتلسات ٤ الصناعية موضوعة في مدار متزامن (أ) على ارتفاع ٣٥٨٠٠ كلم على مستوى خط الاستواء فوق المحيط الاطلسي (٢) والهادىء (١) والهندي (٣) وتظل في وضع ثابت بالنسبة الى الارض ، ويرحّل كل واحد منها آلاف الاشارات اللاسلكية العالية التردد جدا الى ثلث سطح الارض تقريبا . وتغطي جميعها القسم الاكبر من الارض مع بعض التداخل (ب) هناك اكثر من ٧٠ محطة (النقاط في ت) قادرة على استخدام الأقمار كمرحّلات غير ان الكبلات البحرية (الخطوط الحمراء) ما تزال قيد الاستعمال .

(٨) - ان اولى اجهزة البث اللاسلكي . كما استعملها هينريش هرتس والوليفر لودج استخدمت الموجات اللاسلكية ٩ التي تتولد عندما تدخل شرارة بفلطية عالية بين ملامسين (م) . كان هرتس يبث الموجات انطلاقا من صفيحتين هوائيتين (١) ويلتقطها بواسطة حلقة سلكية مفتوحة (٢) تحدث فيها شرارة صغيرة تعبر الفجوة (٣) .

(٩) - يظهر الميل المتواصل الى تصغير الاجهزة الالكترونية في المقارنة بين جهاز لاسلكي نموذجي في الثلاثينات والترنزستور اللاسلكي الحالي . لكن لا بد من ان يكون مكبر الصوت كبير الحجم اذا كان عليه ان ينقل مركبات الصوت المنخفضة التردد . غير ان التكنولوجيا الحديثة (المشتقة الى حد بعيد من التكنولوجيا الفضائية) ادت الى تصميم مركبات اصغر فاصغر من كل الانواع الاخرى . كاد الترنزستور (الى اليسار) ان يحل كليا محل الصمام الترميوني (الثلاثي) الى اليمين وقد ازداد صغر المركبات الالكترونية باطراد مع ادخال دوائر التكامل .

بارسال اشارات لاسلكية عبر الاطلسي (١) بشفرة مورس . وفي عام ١٩٠٦ ارسل الكندي ر . أ . فسّندِن (١٨٨٦ - ١٩٣٢) من برانت روك (ماساتشوستس) اشارات سمع فيها عاملون في البحر صوتا وموسيقى في سمّاعاتهم . كان ذلك اول بث لاسلكي مضمَّن .

طبيعة الموجات اللاسلكية

عندما تتذبذب الكترونات في دارة كهربائية يتحوّل قسم من طاقتها الى اشعاع كهرطيسي . ولا بد ان يكون التردد (معدل الذبذبات) مرتفعا لكي يحدث موجات شديدة لدرجة يمكن استخدامها ، لكن هذه الموجات ، عندما تتكون ، تسير في الفراغ بسرعة الضوء (٣٠٠ ٠٠٠ كلم في الثانية) . عندما تلتقي موجة من هذا النوع بهوائي معدني ينتقل قسم من طاقتها الى الكترونات المعدن الحرة فيجعلها تجري بشكل تيار كهربائي متناوب له تردد الموجة . وهذا هو بابسط تعبير ، مبدأ المواصلات اللاسلكية . يُحدث جهاز البث اللاسلكي اشعاعا كهرطيسيا مركزا بتردد معين ، ويلتقط هوائي هذه الموجات المولَّدة .

لارسال الصوت والموسيقى بواسطة اللاسلكي لا بد ان تكون موجات الاشارة « الحاملة » مضمَّنة (مغيَّرة) بواسطة الاشارة اللاسلكية (٦) . وقد تتغير الموجات اما في قوتها او في ترددها عندئذ يصبح الجهاز المستقبل قادرا على استبعاد الموجات الحاملة ، ولا يحتفظ الا بالموجات التي لها تردد الصوت الاصلي ؛

الترددات واطوال الموجات والقنالات

قد يتغيّر الاشعاع الكهرطيسي تغيرا كبيرا في تردده . وهو يشتمل على اشعة غاما والاشعة السينية والاشعة فوق البنفسجية والاشعة المرئية والاشعة تحت الحمراء جميعها بترددات عالية جدا . فالاشعاع الكهرطيسي ذو التردد المنخفض هو موجات لاسلكية . والموجات التي يلي ترددها تردد الاشعة تحت الحمراء تُعرف بالموجات الدقيقة وتستعمل بخاصة للمواصلات بين الابراج التي تقع ضمن مجال الرؤية وللمواصلات ايضا بواسطة الاقمار الصناعية . تتبع هذه الموجات في انخفاض تدريجي بترددها (وبالتالي بارتفاع اطوال موجاتها) اولا الترددات فوق العالية للبث التلفزيوني ، ثم الترددات العالية جدا المستعملة في الاذاعات اللاسلكية والاتصالات المحلية كالتي تجري بين الطائرات والمراقبة الارضية ، ثم الموجات القصيرة التي تمكن من البث بقدرة عالية على النطاق العالمي ، ثم الموجات المتوسطة للبث المحلي ، واخيرا الموجات الطويلة القليلة الاستعمال نسبيا . يُقسم طيف الموجات اللاسلكية بأكمله ، وفقا لاتفاق دولي ، الى قنالات مخصصة لاستعمالات محددة ويُقسم كل منها بدورها الى اقنية تفصل بينها مسافات بحيث لا تتداخل .

يتطلّب الصوت المجسم استعادة اشارتين صوتيّتين منفصلتين تتطابقان مع الاشارتين اللتين تصلان الى اذني المستمع . في اللاسلكي قد يعني هذا ازدواج عرض القناة لكل بث مجسم . وبما ان المجال اللاسلكي اصبح مكتظا ابتكر المهندسون طريقة تمكن من بث اشارتين صوتيتين منفصلتين عبر قناة لاسلكية واحدة .

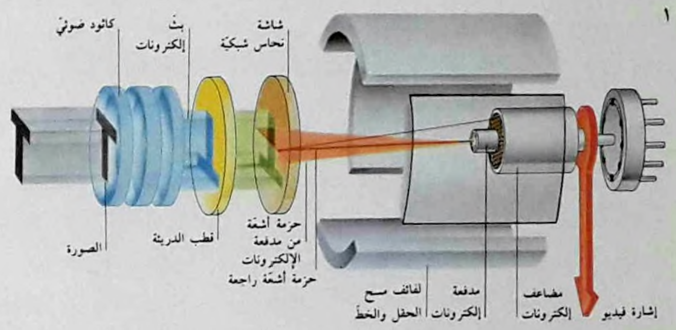
المواصلات : التلفزيون

على عكس التلغراف والهاتف والراديو ينفرد التلفزيون من بين اشكال المواصلات المختلفة لانه لم يكن معدا في بادىء الامر الا للتسلية . اما اليوم فهو يستعمل لغايات مختلفة وبنوع خاص للمراقبة عن بعد .

ولادة الصورة :

حصل ف . ك . زووريكين (المولود عام ١٨٨٩) المهاجر الروسي الى الولايات المتحدة على براءة باختراع الايكونوسكوب (كاميرا الكترونية تلفزيونية) عام ١٩٢٣ . كما اختُرع جهاز مشابه في بريطانيا بطريقة مستقلة . كانت هذه الاجهزة السابقة لأنابيب كاميرا التلفزيون الحديثة عبارة عن مجموعة آلات الكترونية في كل منها عدسة تركز صورة

١



(١) - في انبوب كميرا التلفزيون من نوع الصمام التلفزيوني اللاقط والذي يلتقط الصور البيضاء والسوداء تتركز الصورة البصرية للمشهد المأخوذ في الاستديو في بؤرة كاثود ضوئي يقذف من الالكترونات بقدر كمية الضوء التي تقع عليه . تمر هذه الالكترونات عبر مجالات مغنطيسية والكتروستاتية (تحتفظ هذه المجالات بها على مسارات متوازية) حتى تقع على قطب دريئة وراء شاشة شبكية من النحاس هناك يتكون نمط من الشحنات يطابق المناطق النيرة والقاتمة من الصورة . تضمن هذه الشحنات حزمة الكترونات ماسحة مصدرها الجهة الاخرى فتشكل اشارة بث متغيرة .

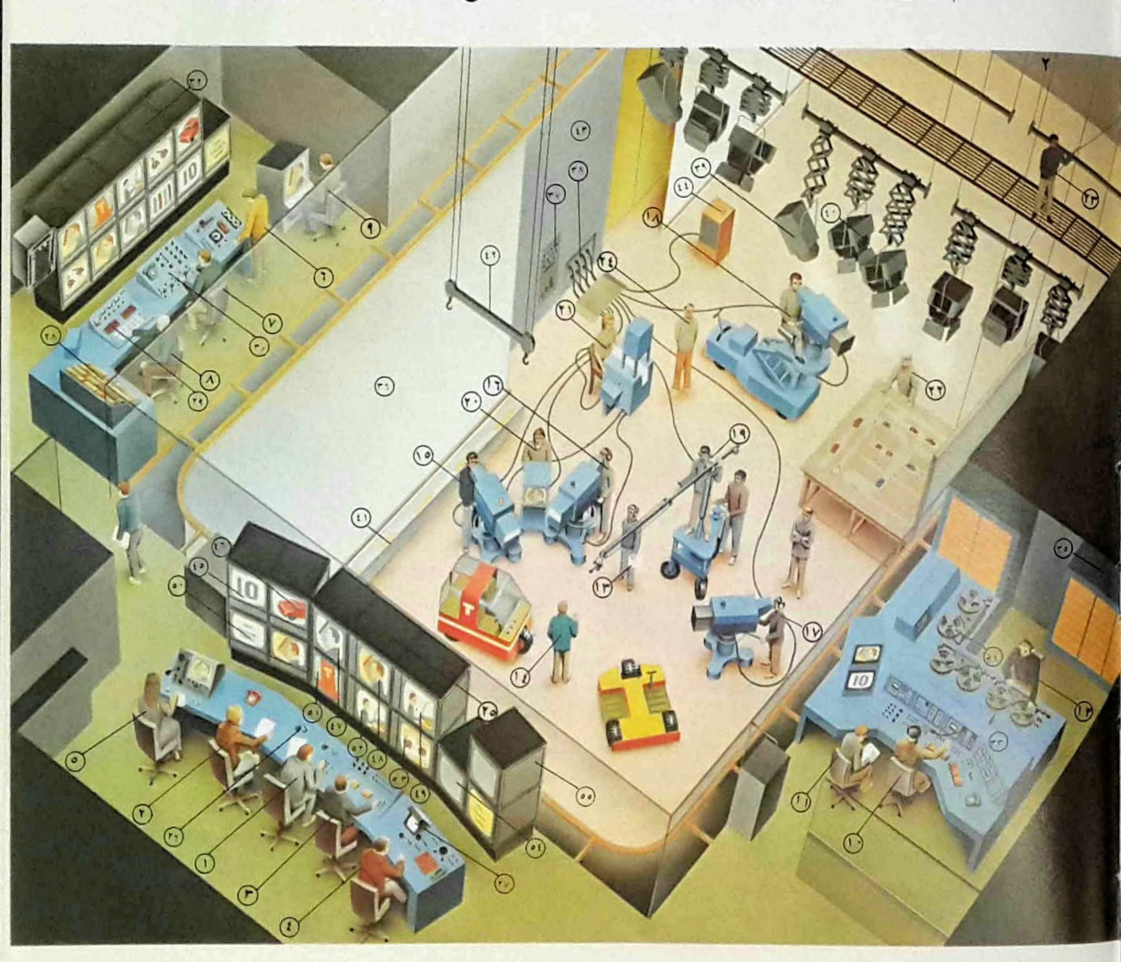
---

(٢) - يتطلب بث برنامج تلفزيوني مباشر الجهود المتضافرة لفرقة عمل مهمة ومؤهلة تأهيلا تاما يمكن توزيعها على اربع فئات ، فئة حلبة الاستوديو وفئة مراقبة الاضاءة واللون وفئتي الصوت والادارة . ترى جميع هذه الفئات في هذا الرسم الذي يمثل استوديو تلفزيوني حديث .

١ - المخرج
٢ - مساعد المخرج
٣ - مازج الرؤية
٤ - المدير الفني
٥ - مسجل الوقت
٦ - مراقب الاضاءة
٧ - مراقب ضبط الكميرات
٨ - مهندس الضوء
٩ - مدزج الالوان
١٠ - ١٢ - مهندسو الصوت
١٣ - مدير الاستديو
١٤ - مقدم البرنامج
١٥ - ١٨ - المصورون
١٩ - عامل عصا المذياع
٢٠ - العامل المكلف بجهاز المراقبة
٢١ - عامل الحلبة
٢٢ - قيم اللواحق
٢٣ - ٢٤ - اختصاصي الكهرباء
٢٥ - اجهزة استقبال المخرج
٢٦ - الاتصال بين المذياع والاستوديو
٢٧ - شاشة المراقبة
٢٨ - قاعدة مخفت الانوار
٢٩ - لوحة المفاتيح الكهربائية
٣٠ - مراقبة حاجب عدسة الكميرا القزمي
٣١ - جهاز استقبال الاضاءة
٣٢ - مراقبة نوعية الصورة
٣٣ - خزانة جهاز الصوت
٣٤ - اشرطة التسجيل
٣٥ - مكبرات الصوت
٣٦ - السيكلوراما
٣٧ - لوحة مراقبة المرفاع
٣٨ - مخرج التيار
٣٩ - ضوء كشاف
٤٠ - ضوء غامر
٤١ - اضواء السيكلوراما
٤٢ - رافعة الديكور
٤٣ - جدار مخمد الصوت
٤٤ - مكبر الصوت في الاستوديو
٤٥ - تلفاز سينمائي
٤٦ - صورة مسجلة على شريط
٤٧ - صورة نهائية احادية اللون
٤٨ - صورة نهائية ملونة
٤٩ - المراقب العام
٥٠ - حاملة الاعتماد
٥١ - ٥٤ - صور الكميرات من ١ الى ٤
٥٥ - جهاز مراقبة الكميرات الاضافية واستقبال الاذاعات الخارجية .

بصرية في بؤرة على شاشة داخل وعاء من زجاج . كانت حزمة الكترونية تمسح الصورة وتغطي سطحها بسلسلة متواصلة ومتكررة من الخطوط المتوازية . عندما كانت الحزمة تقع على جزء نير من الصورة كان التيار الالكتروني العائد اقوى مما لو كانت الحزمة تقع على جزء من المشهد اقل ضياء . باستخدام هذا التيار الالكتروني المتغير للتحكم بحزمة الكترونية اخرى بانبوب اشعة مهبطية (تمسح حزمة وجه الانبوب بشكل متزامن مع حزمة الايكونوسكوب) كان يتم الحصول على نسخة مطابقة للمشهد الاصلي نقطة نقطة وخطا خطا . وكان المسح يغطي الشاشة بكاملها عدة مرات في الثانية ولم يكن التألق يتلاشى على الفور فلم تكن العين تدرك ان الصورة مؤلفة من عناصر فردية .

لم تبدأ خدمة التلفزيون للجمهور بالمعنى الصحيح قبل عام ١٩٣٦ على يد هيئة الاذاعة

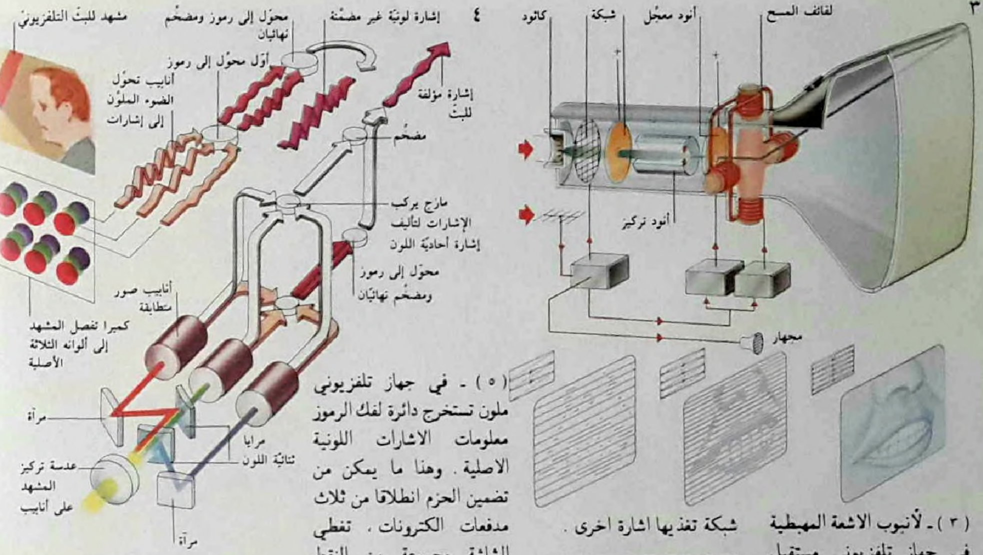


البريطانية في لندن . وكان المهندسون قد قضوا السنوات الخمس السابقة في تطوير التلفزيون الالكتروني (١) عوضا عن النظام الميكانيكي ذي الثلاثين خطا والذي كان قد اخترعه بين عامي ١٩٢٣ ـ ١٩٢٨ السكتلندي جون لوجي بيرد (١٨٨٨ ـ ١٩٤٦) .

معايير التلفزيون

تبنت هيئة الاذاعة البريطانية في بادىء الامر مسحا متشابكا بـ ٤٠٥ خطوط مكررة ٢٥ مرة في الثانية . يعني التشابك ان الخطوط المتناوبة كانت تمسح اولا ، تعقبها الخطوط الموجودة بينها كما لو قرأنا الاسطر ١ و ٣ و ٥ ... الخ من هذا العمود من اعلاه الى ادناه ثم عدنا فقرأنا الاسطر ٢ و ٤ و ٦ ..الخ .

اقامت دول اخرى خدمات تلفزيونية مستعملة معايير مختلفة مما جعل تبادل البرامج التلفزيونية معقدا للغاية . وقد تم



(٣) ـ لأنبوب الاشعة المهبطية في جهاز تلفزيوني مستقبل شاشة مغلفة بمادة تتألق عندما تقع عليها حزمة من الالكترونات . ينتج هذه الحزمة مهبط (كاثود) يقذف الكترونات تسرّعه وتركّزه مصاعد (أنودات) . يحول سير الحزمة ملفان ماسحان تغذيهما اشارات بحيث تتعرج على الشاشة . تتحكم بسرعة الحزمة ، وبالتالي بشدة كل عنصر من عناصر الصورة ، شبكة تغذيها اشارة اخرى .

(٤) ـ في بادىء الامر تفصل كميرا التلفزيون الملون الصورة الى ثلاثة الوان بدائية بواسطة مرايا فاصلة للالوان . تدخل كل حزمة من الضوء الملون في احد الانابيب الثلاثة التي تحول الصورة الى اشارات كهربائية . تنضم الاشارات الثلاث لتشكل اشارة احادية اللون ثم تعالج لانتاج اشارة لونية .

(٥) ـ في جهاز تلفزيوني ملون تستخرج دائرة لفك الرموز معلومات الاشارات اللونية الاصلية . وهنا ما يمكن من تضمين الحزم انطلاقا من ثلاث مدفعات الكترونات . تغطي الشاشة مجموعة من النقط الفوسفورية الدقيقة التي تتألق بالاحمر او بالاخضر او بالازرق عندما تصطدم بها الالكترونات . يوجد وراء الشاشة مباشرة حاجز فيه آلاف الثقوب المرتبة بحيث لا تستطيع الحزمة الواردة من كل مدفعة الا الاصطدام بنقط اللون التي تتوافق مع اللون الذي صنعت منه الاشارة التي تتحكم بها .

(٦) ـ المسح الالكتروني هو اساس التلفزيون . تمسح حزمة الكترونات الشاشة بسلسلة من الخطوط الافقية المتوافقة مع الخطوط التي تمسح صورة بصرية في كميرا التلفزيون الموجودة في الاستوديو والتي منها يتم البث . يتم تزامن المسح بواسطة سلسلة من النبضات الموقتة المضافة الى معلومات الصورة في الاشارة

الاتفاق اخيرا . في اكثر البلدان الاوروبية على تبني ٦٢٥ خطا متشابكا و ٢٥ صورة في الثانية .

التلفزيون الملون

نظريا يشكل سلم الالوان الصافية (المسمى تدرج الالوان) طبقا متواصلا من اللون البنفسجي لأقصر طول للموجات المرئية حتى اللون الاحمر لأطولها . في الواقع يمكن احداث الاحساس الذي تدركه العين البشرية استجابة لهذا التدرج بكامله بمجرد مزج الاحمر والاخضر والزرق الفاتح . يستعمل التلفزيون الملون (٤) هذا المبدأ باستخدام ٣ انابيب تصوير تحول الاحمر والاخضر والزرق الفاتح الموجودة في كل مشهد متلفز الى ٣ اشارات كهربائية متزامنة ولكنها منفصلة .

بينت التجارب ان العين البشرية لا تحتاج الى تحديد الوان بهذه الدقة شرط ان تكون الصورة باللونين الابيض والاسود محددة بوضوح . وقد ابتكر المهندسون الامريكيون نظاما بارعا لاستخدام هذه المعلومات . في مرحلة اولى تجمع الاشارات المطابقة للالوان الثلاثة البدائية لتشكيل اشارة احادية اللون (بالابيض والاسود) لبثها بالطريقة المألوفة . وفي الوقت ذاته تحوّل الاشارات اللونية الثلاث الى اشارة ثانية مركبة تحدد مزيج الالوان بشكل تدرج وصفاء (كمية البياض اللازمة لتخفيف الفرق بين درجات اللون) . ولما لم تكن هذه الاشارة اللونية تحتاج الى وضوح تام فانه من الممكن تضمينها بين الاشارات التي تعطي تفاصيل كل خط احادي اللون دون ان تتداخل معه . بهذه الطريقة يصبح بالامكان بث اشارة ملونة كاملة في عرض نطاق ترددي لاشارة احادية اللون يبلغ ٥ ميغاهرتز . يعيد جهاز التلفزيون المستقبل تكوين صورة مفصلة انطلاقا من الاشارة الاحادية اللون ويستخرج المعلومات اللونية المرسلة بينها بشكل اقحامي ويستخدمها لتحويل الحزم الالكترونية للانابيب الثلاثة الى نقاط شاشته التي ستتوهج بالالوان البدائية المناسبة (٥) .

٥ حاجز مثقب — حزمة إلكترونات — هوائي الاستقبال — ت ع — دائرة فك الرموز — ثلاث مدافع إلكترونات — نقط فسفورية — حاجز مثقب

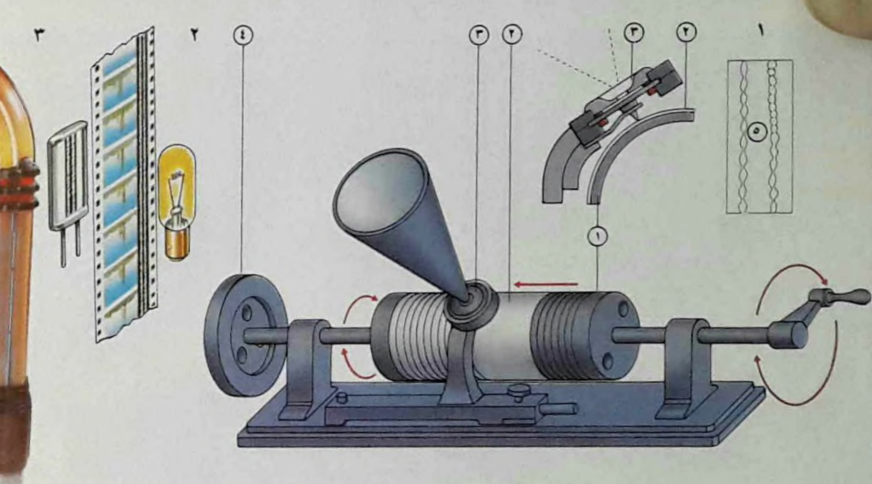
٦

المبثوثة . في نهاية (١) كل خط افقي (٢) توجد نبضة تتحكم بعودة (٣) حزمة الالكترونات الفورية الى الطرف المقابل (٤) حيث تمسح الخط التالي (٥) تحت الخط السابق . بعد الخط الاخير من كل صورة (٦) تعيد نبضة مختلفة حزمة الالكترونات الى اعلى الصورة .

تسجيل الصوت

كان بالامكان ، في بداية هذا القرن ، اعادة تأدية تعبير واستهلال قطعة موسيقية معزوفة فعلا على بيانو وذلك بواسطة لفة من الورق المثقب . لكن قصة تسجيل الصوت واعادة ادائه بالمعنى الذي نفهمه اليوم هي قصة الحاكي (الجراموفون) وشريط تسجيل الصور المتحركة الناطقة وآلة التسجيل .

اخترع توماس اديسون (١٨٤٧ - ١٩٣١) عام ١٨٧٧ آلة الفونوغراف (١) ذات ذراع تدوير يدوية . كانت هذه الالة تحول تغيرات ضغط الهواء - تحت تأثير الموجات الصوتية - الى تسجيل آلي يقوم على ثلم بأعماق مختلفة محفور في صحيفة رقيقة من القصدير ملفوفة حول اسطوانة . وسرعان ما حلت اسطوانة من



(١) - كان فونوغراف اديسون مؤلفا من اسطوانة من النحاس الاصفر (١) محفور عليها ثلم لولبي وفوقها صفيحة ملفوفة من القصدير (٢) . وكان بوق مخروطي يركز الصوت على غشاء معدني (٣) يمس ابرة فولاذية يحملها نابض مسطح . كان رأس الابرة الدقيق يضغط على الصفيحة وكانت الاسطوانة مركبة على لولب له خطوة الثلم ذاتها . بحيث ان الاسطوانة عندما كانت تدور تضغط الابرة باستمرار على الثلم . كانت حذافة (دولاب تنظيم السرعة) (٤) تؤمن الاحتفاظ بسرعة الاسطوانة ثابتة . عندما كان الصوت يحمل الغشاء على التذبذب كانت الابرة تضغط على الصفيحة فتحفر فيها ثلما يتوافق مع الذبذبات . كانت الاسطوانة تعاد الى وضعها الاول وكان الصوت يستخرج بادارة المقبض . عندئذ كان الغشاء والابرة يتذبذبان وفقا لانخفاض اثلام (٥) الصفيحة .

---

(٢) - تستعمل صناعة الافلام طريقة بصرية لتسجيل الصوت فتستخرج الذبذبات بشكل شريط شفاف بدرجات متفاوتة من السماكة . في آلة العرض تمر حزمة ضوئية من خلال هذا الشريط وتقع على خلية كهرضوئية . تضبط سماكة الشريط كمية الضوء التي تقع على الخلية فتضخم الاشارة الكهربائية الناجمة عن ذلك وتحدث الصوت . في اجهزة السينما البيتية يسجل الصوت على خط مغنطيسي كما يسجل على شريط .

٤

(٣) - صندوق النغم . الذي يبدو في الصورة نموذج اولي

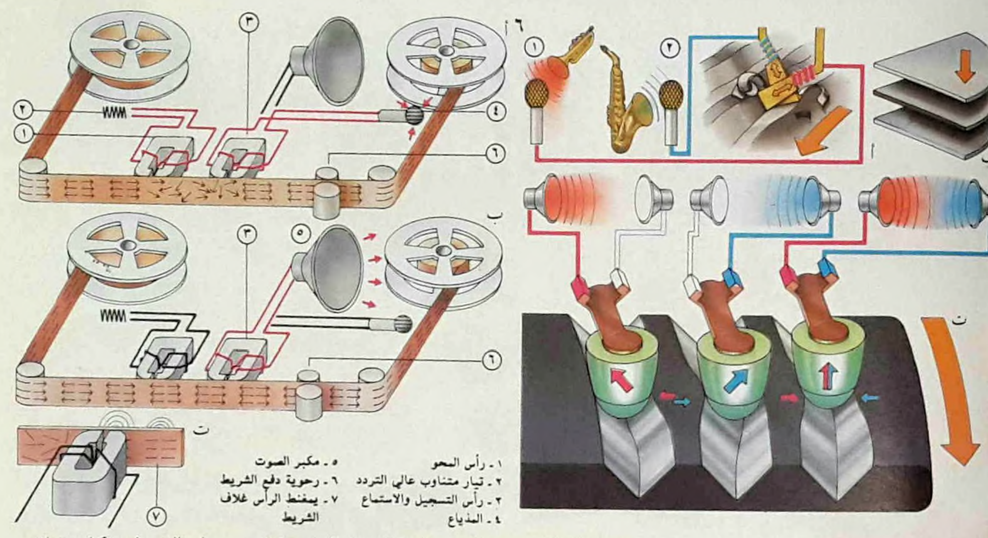
الشمع الصلد محل هذه الصفيحة . وفي عام ١٨٩٤ انشأ شارل باتِه (١٨٦٣ - ١٩٥٧) واخوه اميل (١٨٦٠ - ١٩٣٧) مصنعا للفونوغرافات .

تطوير الاجهزة الصوتية الاولى

في عام ١٨٨٨ سجل الالماني اميل برلينر (١٨٥١ - ١٩٢٩) في واشنطن براءة اختراع الغراموفون . استعملت هذه الآلة قرصا مسطحا عوضا عن الاسطوانة واصبح الثلم فيه لولبيا .

ومع حلول عام ١٩٠٠ كان نظام التسجيل الذي يعتمد على الثلم العميق قد استبدل بنظام الثلم الذي يجعل الابرة تهتز من جانب الى آخر . ومع اختراع قرص صمغ اللك المطبوع انطلاقا من التسجيل السالب الاصلي اصبح الغراموفون الذي كان يعرف في الولايات المتحدة باسم (فيكترولا) ، شائعا على نطاق واسع .

في بادىء الامر كانت طرق التسجيل



منه ، هو آلة تديرها النقود لبيع الموسيقى . تحتوي بعض النماذج الحديثة على ٢٠٠ اسطوانة او اكثر وتؤمن استخراج اصوات مجسمة .

---

(٤) - يمكن بواسطة مسجلة ومستعيدة نقالة من نوع حافظة الشريط ، مع دارات الكترونية مجهزة بترنزستورات وبطاريات تسجيل الموسيقى والاستماع اليها في اي مكان تقريبا .

(٥) - في اسطوانة مجسمة للصوت يقع جدار الثلم على زاوية ٩٠ درجة بالنسبة للجدار الآخر . عندما يجري التسجيل (أ) ، يحدث الصوت الخارجي من مذياع (١) تخطيطا عموديا على احد الجدارين بينما يسجل الصوت المطابق للقناة الثانية (٢) على الجدار الاخر . بعد ان تضغط الاسطوانة اللدنة النهائية بين القوالب المعدنية (ب) تصبح جاهزة للاستماع اليها . تتذبذب ابرة جهاز الاستماع في سطحين متعامدين (ت) . تحفز حركة كل من هذين السطحين كهرطيسين منفصلين متصلين بمضخمين مختلفين ومكبرين للصوت منفصلين .

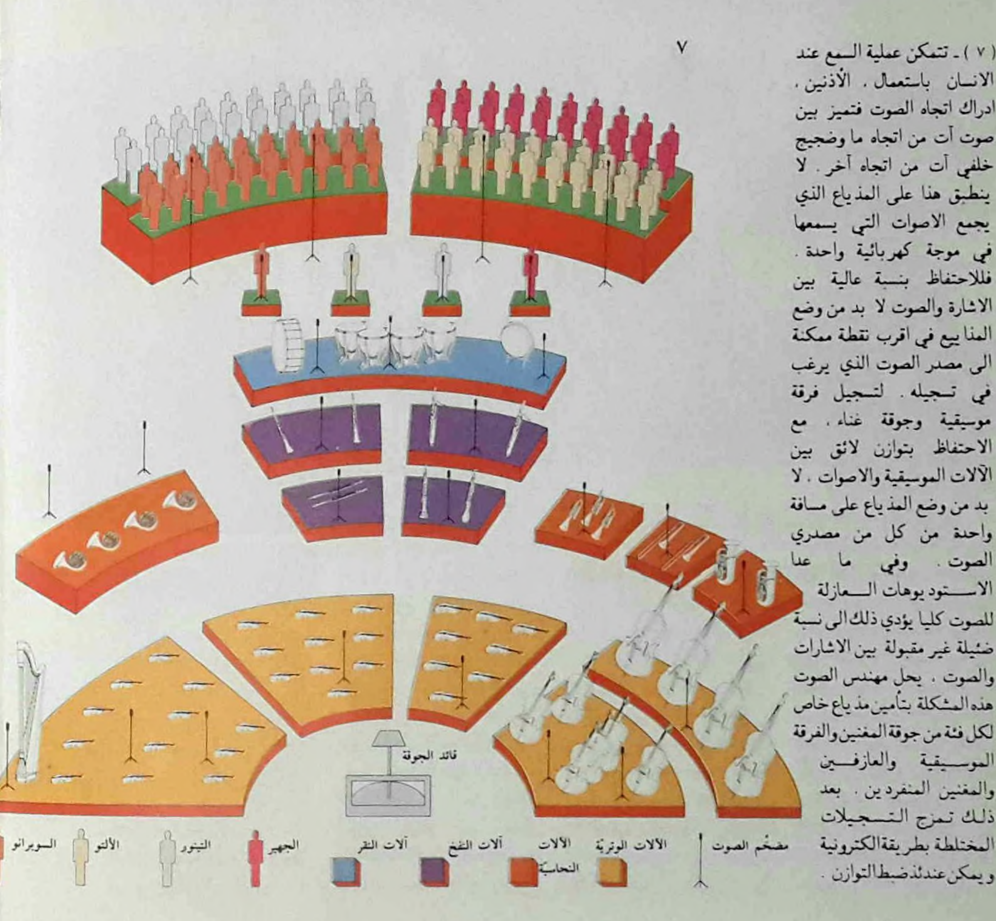
---

(٦) - في التسجيل على شريط مغنطيسي (أ) يمر الشريط اولا على رأس محو (مسح) يترك الحبيبات المغنطيسية على الشريط بشكل عشوائي . عندئذ يوجه رأس التسجيل والاستماع الذي ينشطه تيارآت من المذياع الحبيبات وفقا لشكل الاشارة . عند الاستماع الى التسجيل (ب) يمر الشريط ثانية برأس التسجيل والاستماع وتعيد اليه تغيرات مغنطيسية التيارات التي تكونت هي منها (ت) . بعد التضخيم تشغل التيارات مكبرا للصوت .

والاستماع اليه مباشرة يتمان بطريقة آلية كليا وكانت النتائج هزيلة . في عام ١٩٠٦ فتح اختراع الصمام الثلاثي الطريق امام التسجيل الكهربائي . وفي الثلاثينات اعطت الاسطوانات المصنوعة من صمغ اللك ذات ٧٨ دورة في الدقيقة نتائج افضل بكثير .

في عام ١٩٤٨ نجحت شركة كولومبيا الامريكية بانتاج اسطوانات « غير قابلة للكسر » من الفينيل اللدائني ، واسطوانات دقيقة الاداء باثلام دقيقة تدور ٣٣,٣ دورة في الدقيقة لمدة ٢٥ ـ ٣٠ دقيقة في كل من سطحيها . ويعود اختراع الاسطوانة ذات الصوت المجسم الى عام ١٩٥٨ . كان لها مدرجان للصوت منفصلان في ثلم واحد (يوافق كل منهما الاصوات التي تسمعها اذن السامع اليمنى واذنه اليسرى) ويؤمنان حسا موسيقيا لم يكن معهودا (٥) .

بعد أن تطورت السينما الصامتة تبعها



(٧) ـ تتمكن عملية السمع عند الانسان باستعمال ، الأذنين ، ادراك اتجاه الصوت فتميز بين صوت آت من اتجاه ما وضجيج خلفي آت من اتجاه آخر . لا ينطبق هذا على المذياع الذي يجمع الاصوات التي يسمعها في موجة كهربائية واحدة . فللاحتفاظ بنسبة عالية بين الاشارة والصوت لا بد من وضع المنابيع في اقرب نقطة ممكنة الى مصدر الصوت الذي يرغب في تسجيله . لتسجيل فرقة موسيقية وجوقة غناء ، مع الاحتفاظ بتوازن لائق بين الآلات الموسيقية والاصوات ، لا بد من وضع المذياع على مسافة واحدة من كل من مصدري الصوت . وفي ما عدا الاستوديوهات العازلة للصوت كليا يؤدي ذلك الى نسبة ضئيلة غير مقبولة بين الاشارات والصوت ، يحل مهندس الصوت هذه المشكلة بتأمين مذياع خاص لكل فئة من جوقة المغنين والفرقة الموسيقية والعازفين والمغنين المنفردين . بعد ذلك تمزج التسجيلات المختلطة بطريقة الكترونية ويمكن عندئذ ضبط التوازن .

نظام من الاصوات المتزامنة في منتصف العشرينات . استعملت الافلام الناطقة الاولى اقتباسا لاسطوانة صمغ اللك التي كانت شائعة الاستعمال . كان اكثر الاجهزة نجاحا قرص قطره ٤٠ سم يدور بسرعة ٣٣,٣ دورة في الدقيقة بواسطة محرك مرتبط آليا بجهاز ادارة الفلم . في عام ١٩٣٠ ابتكر المهندسون طريقة افضل بكثير من هذه الطريقة تقوم على تسجيل الصوت بصريا على حافة الفلم بشكل خط شفاف مختلف الكثافة والعرض (٢) . كانت حزمة دقيقة من الضوء تخترق هذا الخط وتصل الى خلية كهرضوئية تضخم تغيرات كثافتها وتنقل الى مكبر للصوت .

تجارب التسجيل المغنطيسي

برزت في العشرينات فكرة تحويل الموجات الصوتية المتغيرة الضغط الى نمط مغنطيسي على سلك فولاذي متواصل . ركبت هيئة الاذاعة البريطانية الراغبة في بث البرامج ذاتها الى مختلف انحاء العالم في اوقات مختلفة جهازا محسنا عام ١٩٣١ . كان هذا الجهاز يستخدم شريطا فولاذيا عرضه ٦ ملم يتتابع بسرعة ١,٥ م في الثانية لتسجيل برنامج يدوم ٢٠ دقيقة وبثه .

في عام ١٩٢٩ نال فريتز فلومر براءة اختراع لشريط تسجيل له قاعدة مرنة عازلة لها طلاء مغنطيسي . طورت شركة A E G الالمانية هذا الاختراع وعرضت في برلين عام ١٩٣٥ المسجلة المغنطيسية وهي اول مسجلة شريطية حديثة . لكن تطوير المسجل الشريطي ، من بكرة الى بكرة ، الذي يستخدم شريطا عرضه ٠,٥ سم مؤلفا من قاعدة لدنة تكسوها طبقة من اكسيد الحديد (٦) لم يتم حتى نهاية الحرب العالمية الثانية . يمكن للشريط ان يسير بسرعات مختلفة ، فتوفر السرعات العالية دقة اكبر في الاداء . واكثر السرعات شيوعا للتسجيل العادي هي ٤,٨ سم / ث ، و ٩,٥ سم / ث و ١٩ سم / ث . للتسجيل المجسم ، يسجل على مدرجين منفصلين ، جنبا الى جنب ، بواسطة مذياعين . ويحتاج الاستماع الى التسجيل المجسم الى مضخمين للصوت .

ثورة الخرطوشة
وحافظة الشريط (كاسيت)

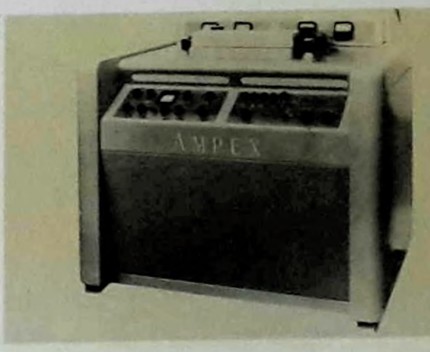
من سيئات المسجلة الشريطية الرئيسية من بكرة الى بكرة تعرض الشريط للعطب عند تسليكه وصعوبة تسليكه وحفظه . لتلافي تلك الصعوبات اخترعت الخرطوشة وحافظة الشريط . تحتوي الاولى على بكرة وحيدة يلف حولها شريط متواصل لفا رخوا توجهه بكرة من المركز الى مخرج الخرطوشة حيث يلتقي برأس القراءة في الجهاز ثم يعود الى الجهة الخارجية من البكرة .

للمسجلة المحتوية على حافظة (٤) بكرتان شبيهتان ببكرتي المسجلة التقليدية ، لكنهما اصغر منهما بكثير وهي تمكن من التسجيل واعادة اللف والاستماع الى التسجيل بطريقة آلية . لا يتعدى عرض الشريط ٣,٨ ملم وهو يتتابع بسرعة ٤,٨٨ سم في الثانية . تحتوي الحافظة ، وهي علبة لدنة ، على شريط مدته ٤٥ او ٦٠ او ٩٠ او ١٢٠ دقيقة وتدخل في الجهاز دون حاجة الى تسليك الشريط . وقد يتأثر الاداء الجيد بضجيج عالي التردد ، يشبه الصفير وذلك نتيجة تسجيل ٤ مدارج على شريط في غاية الضيق .

التسجيل التلفزيوني

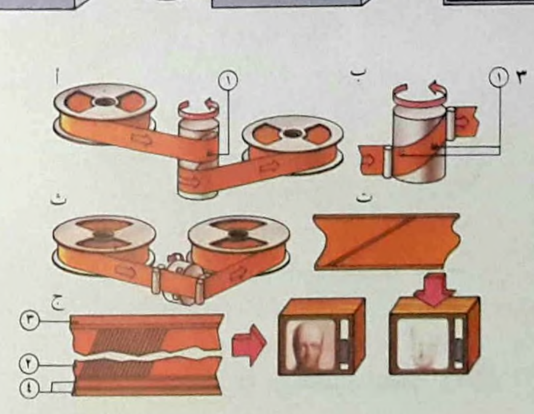
منذ الايام الاولى لصناعة التلفزيون برزت الحاجة لايجاد طريقة تمكن من تسجيل البرامج بحيث يمكن رؤيتها بعد التسجيل مباشرة . لا يصلح الفلم السينمائي لذلك لأن الوقت الضروري لتظهيره يحول دون امكان رؤيته على الفور ، كما ان الفلم لا يمكن استعماله الا مرة واحدة مما يجعله غالي الثمن .

كان الاسكتلندي جون لودجي بيرد (١٨٨٨ - ١٩٤٦) ، مخترع ماسح تلفزيوني آلي ، اول من سجل صورة متحركة بطريقة تختلف عن طريقة التصوير الشمسي . ففي عام ١٩٢٧ استخدم جهازا معدا لحفر اسطوانات قطرها ٢٥,٤ سم وتدور ٧٨ دورة في الدقيقة



(١) - كانت اول مسجلة تلفزيونية تعمل تماما كما تعمل مسجلة شريطية صوتية مستعملة بكرتين تحملان شريطا مغنطيسيا واسعا . كان رأس ثابت يسجل المدرج التلفزيوني وكان تسجيل الترددات العالية الضرورية لانتاج صور بنوعية مقبولة يتم بواسطة اشرطة سريعة الدوران جدا . في اكثر هذه الآلات تطورا يمر بالرأس كل ثانية شريط عرضه ٥,١ سم بسرعة ٩١٤,٤ سم / ث . ومع ذلك كانت نوعية الصورة سيئة بالنسبة الى المقاييس الحالية ولم تكن هذه الاجهزة تصلح الا لصور بيضاء وسوداء .

(٢) - يمكن اليوم الحصول على تسجيل مباشر بالابيض والاسود او بالالوان بدون اية صعوبة . تظهر في الرسم البياني مجموعة نموذجية تستخدم اجهزة متوافرة في السوق . الكميرا (١) موصولة عن طريق وحدتيها الضابطة (٢) والمزامنة (٣) بمسجلة الشريط التلفزيوني الملون المنتقل من بكرة الى بكرة (٤) مع جهاز للالوان (٥) او بمسجلة حافظة للشريط التلفزيوني (٦) . ويتصل بهذه المسجلة في الوقت ذاته



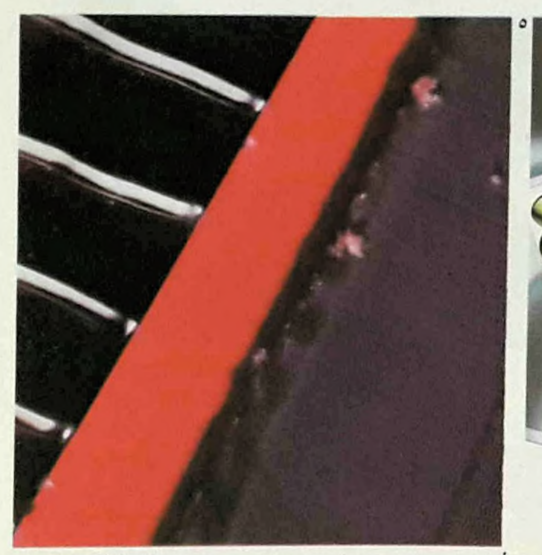
لتسجيل صور جهازه التلفزيوني الذي يمسح ٣٠ خطا .

التسجيل على شريط مغنطيسي

أدى التسجيل على شريط مغنطيسي الى امكان تحقيق الهدف الذي سعى اليه بيرد بطريقة ابسط والى استعادة التسجيل على الفور . غير ان التلفزيون ، في اثناء ذلك ، كان قد تقدم بانتقاله من ٣٠ خطا في بادىء الأمر الى صور تتراوح خطوطها بين ٤٠٥ و ٨١٩ خطا . كان أحسن التسجيلات الأولى على اقراص من صمغ اللك تستعيد اشارات صوتية يبلغ ترددها حوالى ٤٥٠٠ ذبذبة في الثانية (هرتز) والتسجيلات الحالية تستعيد انغاما موسيقية متوافقة تصل الى ١٥٠٠٠ هرتز واكثر . لكن اشارة التلفزيون العصري تتضمن ترددات تصل الى ٥ ميغاهرتز (٥ ملايين ذبذبة في الثانية) .

٤

٥



مذياع لتسجيل الصوت المرافق للصورة (٧) . لجهاز التلفزيون الملون (٨) مآخذ خاصة تمكن من استخدامه كجهاز مراقبة عند التسجيل . يمكن الاستماع الى الشريط المسجل مباشرة في التلفزيون بعد اعادة لفه على البكرة .

(٣) ـ قد يدور الشريط التلفزيوني لولبيا حول اسطوانة دوارة لها رأس (أ) للتسجيل والاستعادة (١) او رأسان (ب) . تحدث حركة الشريط والرأس الموحدة مدارج تلفزيونية مائلة (ت). يستخدم المسح المستوفى (ث) ٤ رؤوس مركبة على اسطوانة دوارة افقية لانتاج اشرطة مسجلة كما في (ج) مع مدارج للصور (٢) ومدارج للصوت (٣) ومدارج لضبط الصورة (٤) . لكلا النظامين سرعات تسجيل عالية .

(٤) ـ تستعمل عدة شركات الاسطوانة التلفزيونية غير الممغنطة عوضا عن الشريط المغنطيسي . صممت شركة فيليبس وشركات غيرها اجهزة تستعمل انخفاضات اهليلجية دقيقة على اسطوانات قطرها ٣٠,٥ سم لتسجيل ٣٠ دقيقة من شارات تلفزيونية ملونة وناطقة . يمسح هذه الاسطوانة شعاع ليزر .

(٥) ـ الاسطوانة التلفزيونية شبيهة بالاسطوانات الصوتية . يوجد في الاسطوانة التلفزيونية التي ترى هنا مكبرة جدا (الى اليمين) حوالى ٢٥ ثلما في المجال الذي يشغله كل ثلم في الاسطوانة العادية (الى اليسار) . كما هي الحال في اسطوانة فيليبس التلفزيونية (الرسم رقم ٤) ، تدور هذه الاسطوانة ١٥٠٠ دورة في الدقيقة او ١٨٠٠ دورة .

يحد من الاستجابة الترددية لمسجلة شريطية مغنطيسية حجم ثغرة الرأس وسرعة الشريط عند مروره بالرأس. لا تستطيع اكثر التجهيزات اتقانا، العاملة بسرعة ١٩ سم في الثانية، ان تستعيد ترددات تربو على ٢٥٠٠٠ هرتز. ولا يمكن الحصول على استجابة في التردد تبلغ ٥ ميغاهرتز الا اذا بلغت سرعة مرور الشريط بالرأس ١٢٧٠ سم في الثانية على الاقل.

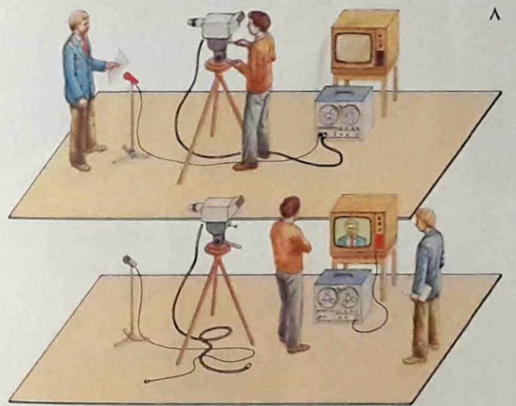
كانت مسجلات الاشرطة التلفزيونية الاولى (التي كانت تسجل الصور على شريط مغنطيسي كما تسجل المسجلات الشريطية الصوت تماما) مصممة لتعمل بسرعة الشريط البالغة ٢٥٤ سم في الثانية او اكثر. وكانت تحتاج الى بكرة ضخمة وتثير مشكلات لضبط السرعة. بالاضافة الى ذلك كان من الصعب تأمين التماس المستمر بين الرأس والشريط. وقد ادت البحوث عام ١٩٥٦ الى ادخال اول

٦


٧


(٦) - العرض البطيء والعودة الى الوراء اللذان غالبا ما يشاهدان في البرامج الرياضية اصبحا ممكنين بفضل اختراع مسجلة ذات اسطوانة مغنطيسية تمكن من العرض البطيء والسير الى الامام والى الوراء والتوقف عند صورة والعرض بالسرعة العادية. تسجل هذه الاسطوانة على كل من وجهيها من ٧،٥ الى ٩ ثوان من البرامج التلفزيونية على سلاسل من المدارج المغنطيسية المتحدة المركز.

(٧) - تم اختراع الرأس المتحرك عام ١٩٥٦ على يد شركة مغمورة في ردوود بكليفورنيا. انه يمكن من الحصول على السرعة الضرورية لتسجيل شريط تلفزيوني دون ان يسير الشريط بسرعة لا يمكن التحكم بها. ان احدث اجهزة أمبكس مسجلة مستقلة لشريط مصمم للتلفزيون الملون. ان مسجلة الشريط التلفزيوني المستعملة في الاستوديوهات غالية الثمن وثقيلة. لذلك فان توقع كثير من الشركات لسوق واسعة لآلة اصغر منها واقل كلفة تصلح للبيوت والمدارس والشرطة والاعمال الاخرى دفعها الى انتاج مسجلات بحافظة للاشرطة التلفزيونية صغيرة الحجم وفعالة دون ان تكون غالية الثمن.

٨


(٨) - تحسن تسجيل الصور المتحركة على شريط مغنطيسي واعادة عرضها الى درجة انه يصعب التفريق بينها وبين الصور الاصلية. ومسجلات الاشرطة التلفزيونية النقالة التي يمكن استعمالها في المنازل تعطي نتائج ممتازة.

مسجلة ذات مسح مستعرض من قبل شركة امبكس - وهي الطريقة التي يستعملها الاختصاصيون اليوم . في هذه الطريقة تبلغ سرعة الشريط الذي عرضه عادة ٥،٠٨ سم اما ٣٨ سم او ١٩ سم في الثانية . تكتسح الشريط اربعة رؤوس للتسجيل والاستعادة مركبة على طبلة فتحدث مدارج تسجيل مستعرضة ومتوازية لاشارة الشريط التلفزيوني (٣) . تستعمل المدارج الخطية الموجودة على حافتي الشريط لضبط سرعته واستعادة الصورة واداء الصوت .

المسح اللولبي

ان الشريط التلفزيوني الملون البالغ التعقيد ذا المسح المستعرض باهظ الثمن بحيث يصعب استعماله في المؤسسات والبيوت . لكن هناك طريقة اقل كلفة منه تدعى طريقة المسح اللولبي . هنا يمر الشريط بشكل لولبي حول اسطوانة دوارة مجهزة برأس او اكثر للتسجيل والاستعادة (٣ ب) . تدور الاسطوانة بسرعة في اتجاه مقابل لاتجاه الشريط (تنزلق دائرة في داخل حلقة التفاف الشريط) . فبينما يرتفع الشريط بكامل عرضه عند دورانه حول الاسطوانة يسير الرأس بسرعة عبر الشريط بزاوية حادة . تبلغ سرعة التسجيل ٢٥٤٠ سم في الثانية مع مسجلات نقالة لشريط تلفزيوني بالمسح اللولبي .

انواع الاسطوانات التلفزيونية

يمكن استبدال الشريط المغنطيسي باسطوانات مغنطيسية في التسجيل التلفزيوني . من حسنات هذه الطريقة انها تمكن من الوصول بسرعة الى اي قسم من اقسام التسجيل لاستعادته على الفور وببطء عند الاقتضاء (٤) . ومن سيئاتها ان مدة العرض قصيرة - لا تتعدى عادة ١٥ - ١٨ ثانية على الوجهين - بينما تستطيع مسجلة الشريط التلفزيوني ان تتسع لبرنامج تلفزيوني ملون مدته ٩٠ دقيقة على بكرة واحدة .

ان انتاج اشرطة تلفزيونية مسجلة مسبقا عملية مكلفة لذلك ابتكرت بعض الشركات اجهزة تسجيل تلفزيوني تستعمل اقراصا شبيهة باسطوانات الغراموفون . هذه الاجهزة ليست آلات تسجيل لكنها تمكن من استعادة برامج على اقراص مصنوعة بالجملة (٢) .

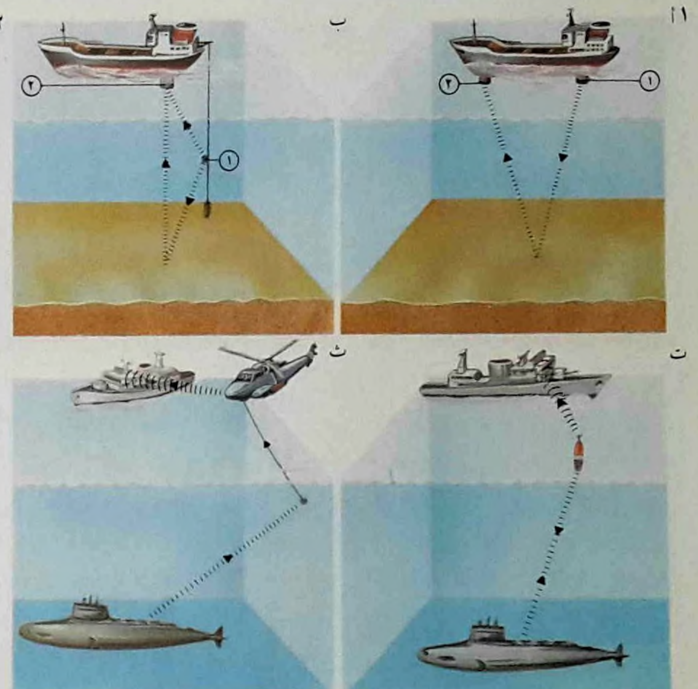
هناك نوعان من هذه الاسطوانات التلفزيونية يختلفان باختلاف « لاقط الارسال » المستعمل لاستعادة المعلومات المسجلة . في النظام الذي ابتكرته شركة فيليبس م س أ وغيرهما من الشركات الاميركية توجد انخفاضات اهليلجية صغيرة في الاسطوانة (٤) . تدور الاسطوانة ١٥٠٠ دورة في الدقيقة (اذا كانت دورة التيار الكهربائي ٥٠ هرتز) او ١٨٠٠ دورة في الدقيقة (لتيار دورته ٦٠ هرتز) . تمسح حزمة ليزر الوجه الاسفل من الاسطوانة فتصبح الحزمة المنعكسة متضمنة لانتاج اشارات بصرية وسمعية تطابق ٢٥ او ٣٠ صورة تلفزيونية في الدقيقة على اسطوانة قطرها ٣٠،٥ سم .

في الاسطوانة التلفزيونية من صنع تلفونكن ودكا اثلام شبيهة باثلام اسطوانة غراموفون عادية تدور ٣٣ دورة في الدقيقة (٥) غير ان الاثلام اكثر دقة ومتقاربة جدا . لكن هذه الاسطوانات لا تمكن من تسجيل تلفزيوني يتعدى ٧ دقائق .

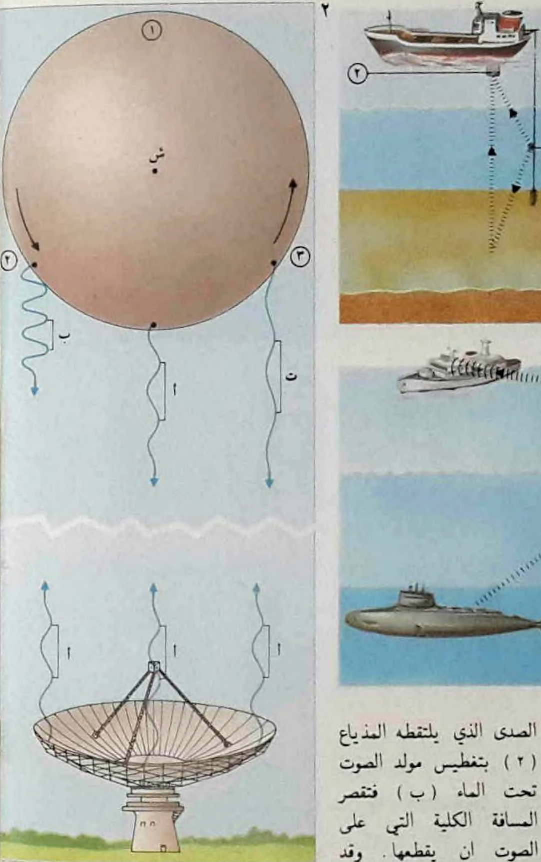
الرّادار والسّونار

السونار (نظام السير بالصدى الذي عرف اولا في بريطانيا باسم « اسديك ») هو نظام للتوجيه والكشف وتعيين المسافة مستخدما الموجات الصوتية تحت الماء . اما الرادار فيلجأ الى المبدأ ذاته مستخدما الموجات اللاسلكية عوضا عن الموجات الصوتية .

والمبادىء الاساسية للنظامين بسيطة . تُبث الموجات الصوتية او الموجات الكهرطيسية (اللاسلكية) وحين تصادف جسما صلبا ينعكس بعضها ويعود فيحدث « صدى » صوتيا او لاسلكيا . فالوقت الذي ينقضي بين بث الموجة وعودتها ، مضروبا بسرعتها يعطي طول المسافة التي قطعتها



(١) - يحسب الوقت الذي تتطلبه موجة صوتية ، يبثها جهاز موجود في الماء تحت سفينة ، للوصول الى قاع البحر والعودة الى السفينة ، لمعرفة عمق الماء . يمكن ان يكون مولد الصوت (١) مركبا تحت السفينة مباشرة (أ) . في هذه الحالة يعطي وقت وصول الصدى مضروبا بسرعة الصوت في الماء ضعف العمق . ويمكن تحسين نسبة الاشارة الى صوت الصدى الذي يلتقطه المذياع (٢) بتغطيس مولد الصوت تحت الماء (ب) فتقصر المسافة الكلية التي على الصوت ان يقطعها . وقد يختلط على السفينة الموجودة

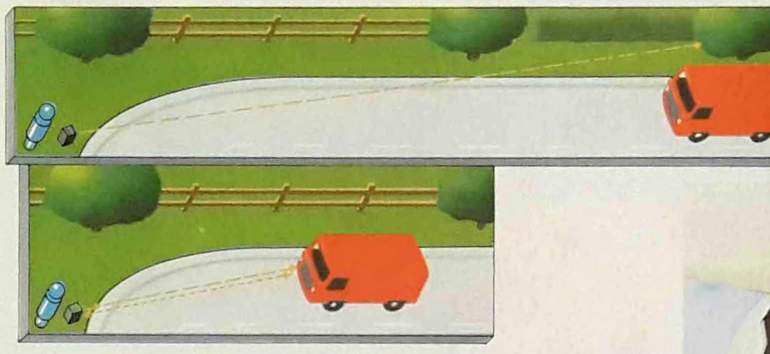


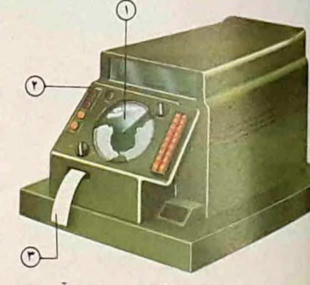
وهي في الحالة العادية ضعف بعد الجسم . كانت اجهزة الرادار الأولى محمولة على عربات مقطورة لنقلها ويستخدم بعضها « عدسة » لتوجيه الحزمة الرادارية .

التطور والاستخدام

طوّر السونار بالدرجة الاولى لاكتشاف الغواصات وليقوم مقام « اذن » قائد الغواصة لاكتشاف السفن الاخرى وحقول الالغام وقطع الجليد المغمورة والانقاض والاشياء الخطرة الاخرى الموجودة تحت الماء . قد يكون عمل السونار اما ناشطا او سلبيا . في السونار الناشط تبث موجة صوتية ويلتقط صداها (١) . في السونار السلبي تكتشف السفن الاخرى بالاستماع الى الصوت الذي تحدثه محركاتها . يستعمل السونار اليوم ايضا في سفن صيد الاسماك للبحث عن اسرابها وفي استكشاف قيعان البحار .

٣





على سطح الماء صدى آت من غواصة مما يمكن التغلب عليه بأن تستعمل السفينة الحربية طافية سونار (ت) . ولتأمين الحد الاعلى من قدرة الحركة تستخدم السفينة طائرة عامودية لتعليق سونار « غاطس » في الماء (ث) واعادة الاشارات الى السفينة الام بواسطة موجة لاسلكية قصيرة .

---

(٢) ـ للموجة المنعكسة لحزمة رادار تصطدم بجسم يقترب او يبتعد طول يفوق طولا الموجة المبثوثة او يقصر عنه . اذا انعكست موجة ذات طول معين (أ) عن سطح سيار (١) يدور حول قطبه تكون الموجة المنعكسة (ب) عن الجهة المقتربة (٢) اقصر من الموجة المنعكسة (ت) عن الجهة المبتعدة (٣) .. يمكن استخدام الفرق بين (ب) و (ت) لحساب سرعة دوران السيار وطول يومه .

---

(٣) ـ تستخدم الشرطة الرادار لحساب سرعة السيارات المارة . اذا تعدت السرعة الحد القانوني ينبه شرطي زميله بواسطة جهاز ميداني لاسلكي لا يقاف السائق المخالف وكتابة محضر بحقه . تقيس محطة الرادار باستمرار المسافة بينها وبين السيارة والفرق الذي يمكن من قياس السرعة بواسطة جهاز الكتروني وتعطي عرضا بصريا فوريا .

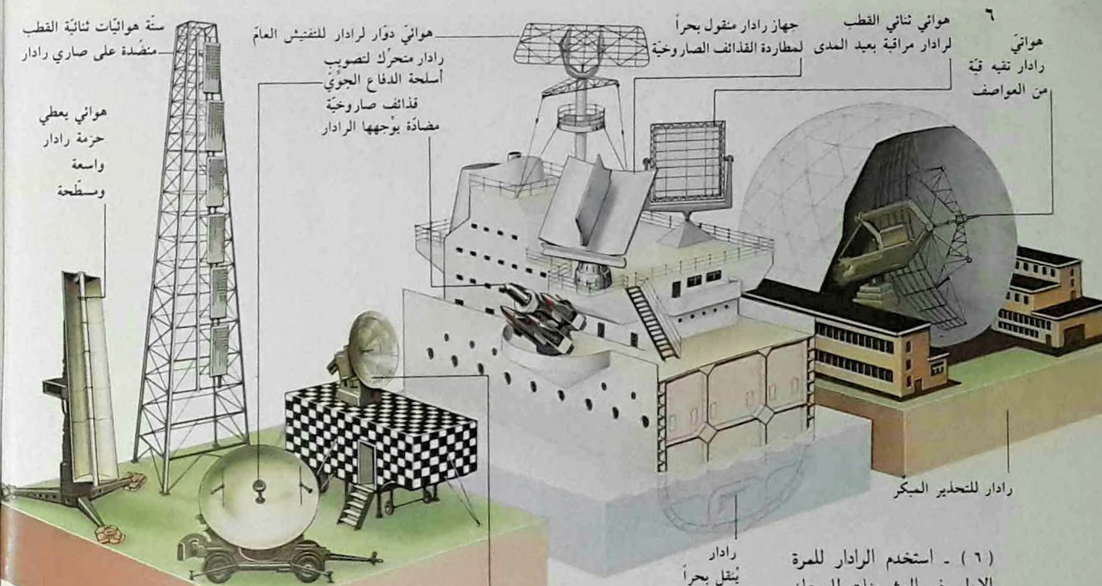
(٤) ـ يمكن اخفاء هوائي رادار الطائرات داخل غلاف انسيابي او داخل قبة مصنوعين من مادة تحميه من تقلبات الطقس دون ان تؤثر كثيرا في جودة الارسال .

---

(٥) ـ في وحدة تقديم المعلومات لرادار يكشف عن العواصف انبوب اشعة مهبطية (١) يرسم خريطة الاشارات الآتية من هوائي دوار فيعيد شكل الغيوم العاصفة . يراقب المنتخف الوظيفي (٢) المسافة المراقبة ويسجل كل ذلك على شريط ورقي (٣) .

في عام ١٩٣٥ نفذ فريق بريطاني بقيادة روبرت وطسون واط (١٨٩٢ ـ ١٩٧٣) برنامج بحث يرمي الى تطبيق اللاسلكي وتطويره لتحديد المواقع لغايات عسكرية (٦) وعندما نشبت الحرب العالمية الثانية عام ١٩٣٩ كان لبريطانيا نظام كشف عن الطائرات على طول الساحل الشرقي . عرف هذا النظام بنظام اكتشاف الاتجاه باللاسلكي وسرعان ما امتد حتى غطى الساحل الجنوبي وكان عاملا اساسيا في قدرة بريطانيا الدفاعية الجوية على الرغم من تفوق طائرات العدو عددا .

انتقل هذا النظام الى الولايات المتحدة حيث اجريت بحوث اضافية مكثفة واتخذت هذه التقنية الجديدة اسم « الرادار » . قام العلماء الالمان ببحوث مشابهة خلال السنوات الاولى من الحرب وتوصلوا الى نتائج مماثلة وان كانت دونها تقدما من الناحية التقنية .



(٦) ـ استخدم الرادار للمرة الاولى في العشرينات للبرهان عن وجود ومجال الجو المؤين الذي تبين انه يعكس الموجات اللاسلكية . طورت البحوث التي جرت في الثلاثينات في بريطانيا والولايات المتحدة والمانيا وفرنسا الرادار لغايات عسكرية واصبح مساعدا حيويا للدفاع وللهجوم اثناء الحرب العالمية الثانية . وقد صمم مهندسو الالكترونيات في بريطانيا والمانيا منشآت من هذا النوع ونفذوها . تحسنت فعالية الرادار الى درجة انه اصبح اداة لا غنى عنها في الحروب الحديثة . وبرهن ايضا عن قيمته في كثير من التطبيقات المدنية كعلم الارصاد الجوية والملاحة ومراقبة حركة المرور في المطارات . يشمل استخدام الرادار لغايات عسكرية الانذار عن الطائرات والصواريخ البعيدة المدى . والرادار التحديدي للتوجيه الآلي للمدافع المضادة للطائرات . والرادار المنقول جوا المستخدم بمثابة « عين » ليلية لمهاجمة قاذفات القنابل العدوة في الظلام . والرادار البحري للكشف عن وجود سفن عدوة في شروط رؤية سيئة .

تتألف انشاءات الرادار من ثلاث وحدات منفصلة : جهاز ارسال يبث اشارة لاسلكية ذات شكل خاص ، وجهاز استقبال يلتقط جميع الموجات المنعكسة ويحللها ووحدة عرض تشاهد عليها المعلومات التي يرغب في الحصول عليها على الفور .

انواع هوائيات الرادار

تختلف هوائيات الرادار في تصميمها وفقا للغاية المطلوبة منها . يتألف الكثير منها من شبكة بشكل قرص مسطح او صفيف متعامد يمكن ادارته بأية زاوية افقيا او عموديا لتصويب الرادار في الاتجاه المطلوب . كما يمكن « تعليق » بعضها بهدف ما بحيث تتعقبه بصورة اوتوماتيكية . للرادار التحديدي حزمة ضيقة من النور الكشاف يركزها عاكس مكافىء المقطع بحيث يمكن تحديد موقع وارتفاع الموجات المنعكسة بدقة . يستخدم رادار الاستكشاف هوائيا يبث موجات على قوس واسع . وتظل الحزمة مسطحة نسبيا في رادارات السفن وافقية في الرادارات التي تبحث عن الطائرات ، وفي كل من الحالتين يصنع الهوائي احيانا ليدور افقيا باستمرار بحيث يؤمن التقاط اكثر ما يمكن من الاشارات .

المعالجة والعرض

يكون جهاز عرض الاشارات عادة انبوب اشعة مهبطية مبنيا على مرسمة تذبذبات (اوسيلوسكوب) تشير الى المسافة او الارتفاع او الى كليهما . ويمكنه ايضا ان يعرض « خريطة » الكترونية كاملة تعطي موضع الاشياء التي تعكس الموجات الواقعة في جميع الاتجاهات (٥) .

في نظام عرض بسيط ذي خط مستقيم يقرأ اتجاه الهدف الذي حدد موقعه وارتفاعه (كطائرة في الجو مثلا) على اقراص مدرجة تحدد اتجاه حزمة الرادار وارتفاعها . تقرأ المسافة بواسطة نبضات مرسمة تذبذبات ذات خط مستقيم بحيث يكون الوقت بين بث الاشارة واستقبالها ضعف مسافة الهدف .

كما نحصل على « الخريطة » او عرض المواقع بواسطة مرسمة ذبذبات ذات خط مستقيم تعطي مسحا شعاعيا يبدأ في وسط الانبوب وينتهي بالقرب من محيطه . بعدئذ يبدأ الماسح بالدوران بحيث تكون نقطة البدء هي مركز الدوران المتوافق مع حركة الهوائي . تطلى شاشة مرسمة الذبذبات بمادة لها توهج لاحق مستمر لمدة طويلة بحيث تبقى اشارة الصدى (وهي نقطة ناصعة) ظاهرة على الشاشة خلال المدة التي يدور فيها الهوائي دورة كاملة . تدل المسافة بين نقطة الصدى ووسط الانبوب على مسافة الهدف ويطابق موقعه على الشاشة موقعه الحقيقي .

تعتمد اكثر منشآت الرادار اعتمادا كليا تقريبا على الموجات الضعيفة التي تعكسها الاشياء الصلبة . غير ان بعض الانظمة تستعمل جهاز ترحيل مرسلا ومستقبلا يتلقى ويبث موجة عائدة اكثر قوة .

عندما يعكس جسم يسير باتجاه اجهزة الرادار بالاتجاه المعاكس موجة كهرطيسية يتغير تردد الموجة المنعكسة . هذا هو اثر دوبلر المعروف في علم الصوتيات . يستعمل تغير التردد الناجم عن ذلك لحساب سرعة الجسم (٣) .

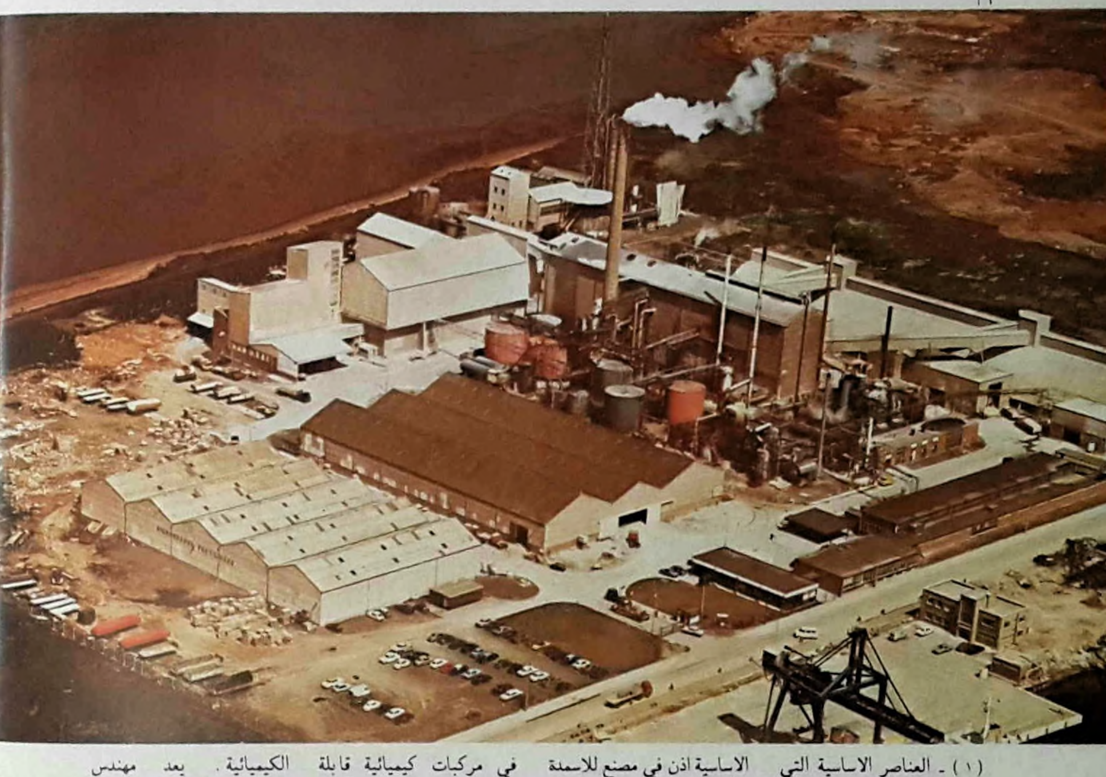
الهندسة الكيميائية

ينتج البحاثة الكيميائيون في مختبراتهم مواد جديدة مع انهم لا يستعملون عادة الا اجهزة زجاجية . ولا تصنع في المختبر سوى كميات لا تتجاوز الغرامات من المواد الجديدة لكنها اذا كانت معدة للسوق فقد يحتاج المنتجون الى بيع اطنان منها كاللدائن والاسمدة التي تستهلك بملايين الاطنان في السنة . هذا الانتقال من المختبر الى المصنع هو الذي يشكل اساس الهندسة الكيميائية .

مصنع المواد الكيميائية

ان عمليات الهندسة الكيميائية ما هي عادة ومن حيث الاساس سوى اشكال محسنة

١ أ



(١) ـ العناصر الاساسية التي تدخل في تركيب الاسمدة الزراعية هي الازوت (النيتروجين) والفوسفور والبوتاسيوم . فالعمليات الاساسية اذن في مصنع للاسمدة (أ) هي استخراج الازوت من الهواء والفوسفور والبوتاسيوم من المعادن الطبيعية ومزجها (احيانا مفردة واحيانا معا) في مركبات كيميائية قابلة للذوبان تستخدم لتغذية النباتات . على الصعيد العالمي يتطلب ذلك صنع عشرات ملايين الاطنان من الاسمدة الكيميائية . يعد مهندس كيميائي العمليات وينفذها (ب) للحصول على المركبات الضرورية . فيستخرج الازوت من الهواء والهيدروجين من الغاز

للنشاطات التي تتم في المطبخ . غير ان الهندسة الكيميائية من العلوم الدقيقة المخصصة لتصميم معدات وصنعها وتشغيلها على نطاق صناعي في مصانع كيميائية .غير انه ليس من الضروري ان تكون هذه العمليات كيميائية صرفة اذ يصمم المهندسون الكيميائيون مصانع لعمليات فيزيائية كالتبخير والتقطير والصهر والترشيح الى جانب العمليات التي تشمل تغييرا في التركيب الكيميائي .

يشكل تصميم المصانع والمعدات الكيميائية علما خاصا ومستقلا رغم انه يتداخل مع علوم اخرى . ويتم القيام بهذه المهمة على احسن وجه لا على يد فريق يحتوي على مهندسين كيميائيين وميكانيكيين بل على يد مهندسين يتقنون مجموعة من المهارات . فهم مثلا بحاجة الى معرفة حجم الاناء المعد لتكسير نفط البترول

الطبيعي او الماء ثم يمزجهما « فيركز » الازوت بشكل نشادر (امونياك) (١) . بعد ذلك يحول جزء من هذا النشادر الى حامض النيتريك (٢) الذي يتفاعل مع الفائض من النشادر ليعطي نيترات الامونيوم (٣)، وقد يستعمل مركب البوتاسيوم . الذي هو على الارجح سلفيت (٤) (كلوريد البوتاسيوم) مباشرة . ويحول الكبريت (٥) الى حامض الكبريتيك (روح الزاج) (٦) الذي يتفاعل مع الفوسفات الطبيعي (٧) لانتاج حامض الفوسفوريك (٨) الذي يتفاعل مع النشادر لانتاج فوسفات الامونيوم (٩) . عندئذ تمزج هذه المركبات الثلاثة وتحبب (١٠) وتجفف (١١) وتغلف (١٢) وتعبأ (١٣) للتسويق .

(٢) ـ لانتاج حامض الكبريت المنصهر (١) في موقد (٣) يغذى ايضا بالهواء (٢) فينتج عن ذلك ثاني اكسيد الكبريت الذي يمر في مرشح (٤) ويصل الى برج تبريد (٥) . يغسل في برج الغسل (٦) ثم يجفف في برج (٧) مزود بحلقات راشنغ بواسطة حامض الكبريتيك المركز بنسبة ٩٨ ٪ الذي يدخل بانبوب رقم (٨) ويخرج بانبوب رقم (٩) . في المُحوّل (١٠) يتفاعل ثاني اكسيد الكبريت الجاف مع الأكسجين (١١) ويبرد (١٢) فينتج عن ذلك ثالث اكسيد الكبريت الذي يمتصه حامض الكبريتيك المركز بنسبة ٩٨٪ (١٣) ليعطي اوليوم (١٤) يخفف (١٥) بحامض الكبريتيك (١٦) فينتج عن ذلك حامض الكبريتيك المركز بنسبة ٩٨ ٪ (١٧) .

لتحويله الى اثيلين والى بروبيلين (الذين سيتحولان في ما بعد الى لدائن ومنظفات وسوائل للتنظيف الناشف) ، ما هي المواد التي يجب ان يصنع منها هذا الاناء ؟ وما هي القوة اللازمة للضخ والى اي حد يجب التسخين والتبريد ؟ وهل يجب فصل المواد الحاصلة على الفور بالتقطير ؟ مثل هذه الاسئلة العملية هي التي تتكون منها الهندسة ولكنها في هذه الحالة تطبق على تحويل المواد سواء في تركيبها او في شكلها .

يرتكز اساس الهندسة الكيميائية على علوم الكيمياء والفيزياء والرياضيات ويرتكز تطبيقها على الجمع بين هذه العلوم والمعلومات المكتسبة من فروع الهندسة الاخرى واخذ المعطيات الاقتصادية بعين الاعتبار . وغالبا ما يستعين المهندسون الكيميائيون بعقول الكترونية لتقييم عوامل التصميم والتشغيل .

٣

٤



٥



(٣) ـ في نوع من المُبخّرات تنتقل الحرارة من مصدر حار (١) (غالبا ما يكون بخارا) الى سائل ما (٢) . يكون كل من السائل والبخار على حدة بفاصل من المعدن واحيانا من الكربون . يجري السائل في انابيب (٣) ويسخن لانتاج بخار (٤) . يؤدي فقدان المادة المذيبة الى تركيز السائل الذي يفرغ من اسفل المبخر (٥) . ثم يزال منه ايضا الوسيط المبرد (٦) الذي استعمل في عملية التسخين .

(٤) ـ تستعمل الحاسبات الالكترونية على نطاق واسع في الهندسة الكيميائية لحل مشكلات التصميم ومراقبة العمليات . تستطيع الحاسبة الالكترونية دراسة العلاقات التي ترتكز عليها العملية . وبامكانها ايضا ان تصحح كل التغييرات الكمية في اي قسم من اقسام المصنع (في الحرارة مثلا او في الضغط او في اللزوجة او في التركيب) .

(٥) ـ ليست العمليات في الهندسة الكيميائية في اساسها سوى نسخ مكبرة للعمليات التي تتم في المختبر مع ان التجهيزات والآنية قد تبدو مختلفة كل الاختلاف .

يستخدم عدد كبير من المهندسين الكيميائيين في الصناعات الكيميائية حيث اسهمت مهاراتهم في تقدم كبير. وهم يعملون ايضا في مصافي النفط ومعامل الطاقة الذرية وصناعات الغاز والفحم الحجري.

من النظرية الى التطبيقات العملية

ان الفكرة الاساسية الهامة في الهندسة الكيميائية هي ان العملية المستعملة لانتاج مواد كيميائية كثيرة التنوع - كالحوامض والاصباغ والعقاقير مثلا - يمكن اعتبارها كمجموعة من وحدات عمليات. هذه الوحدات تظل هي هي ايا كانت الطبيعة التفصيلية للمادة التي تجري عليها. وهكذا يمكن تطبيق مجموعة معروفة من النظريات على مجال واسع من العمليات الصناعية.

تشمل وحدات العمليات هذه التقطير والترشيح والمزج والسحن والبلورة. ويمكن ايضا توحيد النظرية العلمية الى ما هو ابعد من ذلك. اذ يمكن اعتبار الكثير من هذه العمليات كامثلة لدراسة انسياب السوائل او انتقال الحرارة او انتقال المادة على السطوح (انتقال الكتلة). وهكذا يمكن تطبيق المعلومات المكتسبة عن مبادىء انتقال الكتلة على وحدة العمليات المتعلقة بامتصاص الغازات او ترشيح المواد القابلة للذوبان من المواد الصلبة او بلورة المواد المذابة.

على المهندس الكيميائي ايضا ان يأخذ بعين الاعتبار ما يحدث عندما يزيد الكميات بنسبة معينة (٥). ففي بعض الاحيان يحدث في وعاء كبير تفاعل يختلف عن التفاعل الحاصل في كوب صغير. حيث يكون انتقال المفاعلات (الكاشفات) مسافة قصيرة قبل ان تلتقي. وتحريك محتوى الكوب يؤدي الى تلاقي المواد بسرعة فتصل الحرارة بسهولة الى جميع الاجزاء او تزول سريعا. عندما يحصل انتاج ثاني اورانات الامونيوم في المختبر بتفاعل النيترات مع الامونياك، مثلا يتم ترسيب على الفور تقريبا. لكن هذا الترسب قد يستغرق عدة ساعات في وعاء كبير يحتوي على عدة اطنان من المحلول لأن سرعة التفاعل العملية تتوقف على سرعة عمل المضخات وتحريكها للسائل.

لتبخير سائل في المختبر يستعمل وعاء من زجاج يوضع فوق لهب مكشوف (اذا لم يكن هذا السائل قابلا للاشتعال). لكن العملية الهندسية تحتاج الى اوعية معدنية كبيرة بمساحة سطحية واسعة لتأمين انتقال فعال للحرارة من مصدرها الى السائل المقصود تبخيره. وكذلك تنتقل عملية المزج من التحريك بقضيب من زجاج في كوب الى عملية هندسية ضخمة في اوعية معدنية كبيرة تستعمل محاريك تدار بمحرك له شفرات متطورة.

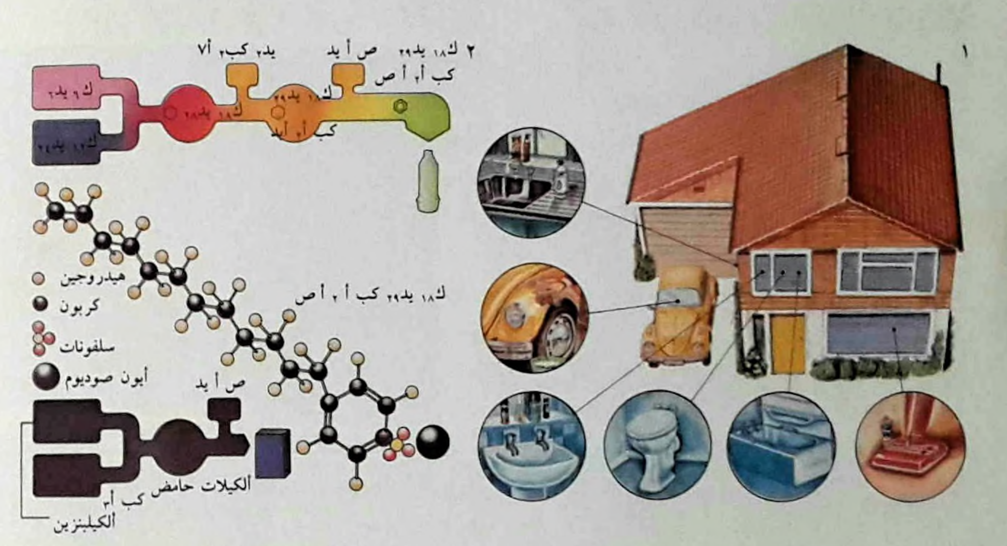
هندسة الكيمياء الحيوية

يسمى فرع الصناعة الكيميائية الذي يطبق على العمليات او المواد الحيوية هندسة الكيمياء الحيوية. من النشاطات الهامة لهذا الفرع تنمية الاغذية البروتينية على مشتقات البترول لانتاج اعلاف للحيوانات. وتعني صناعة الكيمياء الحيوية ايضا باشكال جديدة من عمليات التخمير لصنع المضادات الحيوية والفيتامينات بما في ذلك استخراج المنتوجات النهائية وتركيزها.

الصابون والمنظفات

استعمل الانسان ، لفترة الآلاف من السنين ، انواعا مختلفة من مواد التنظيف بعد ان اكتشف اجدادنا منذ القديم بان الماء ذاته لا يستطيع ازالة الاوساخ والادهان . فالماء ليس عامل تبليل جيد بسبب توتره السطحي القوي الذي يجعله ينساب على السطوح الدهنية او يتوقف فوقها دون ان يخترقها . وعندما يضاف الى الماء عامل منظف يخفف من التوتر السطحي ، عندئذ فقط يدخل الماء لازالة المادة الدهنية (٣) .

كان البابليون يضيفون الى الماء رماد مادة قلوية (البوتاس) . هناك منظفات بدائية اخرى هي تراب القصارين (وهو نوع من الصلصال الناعم الذي يمتص الشوائب من



(١) ـ اصبحت مواد التنظيف كالصابون والمنظفات الاخرى من مساحيق او سوائل مستعملة على نطاق واسع في المنازل .

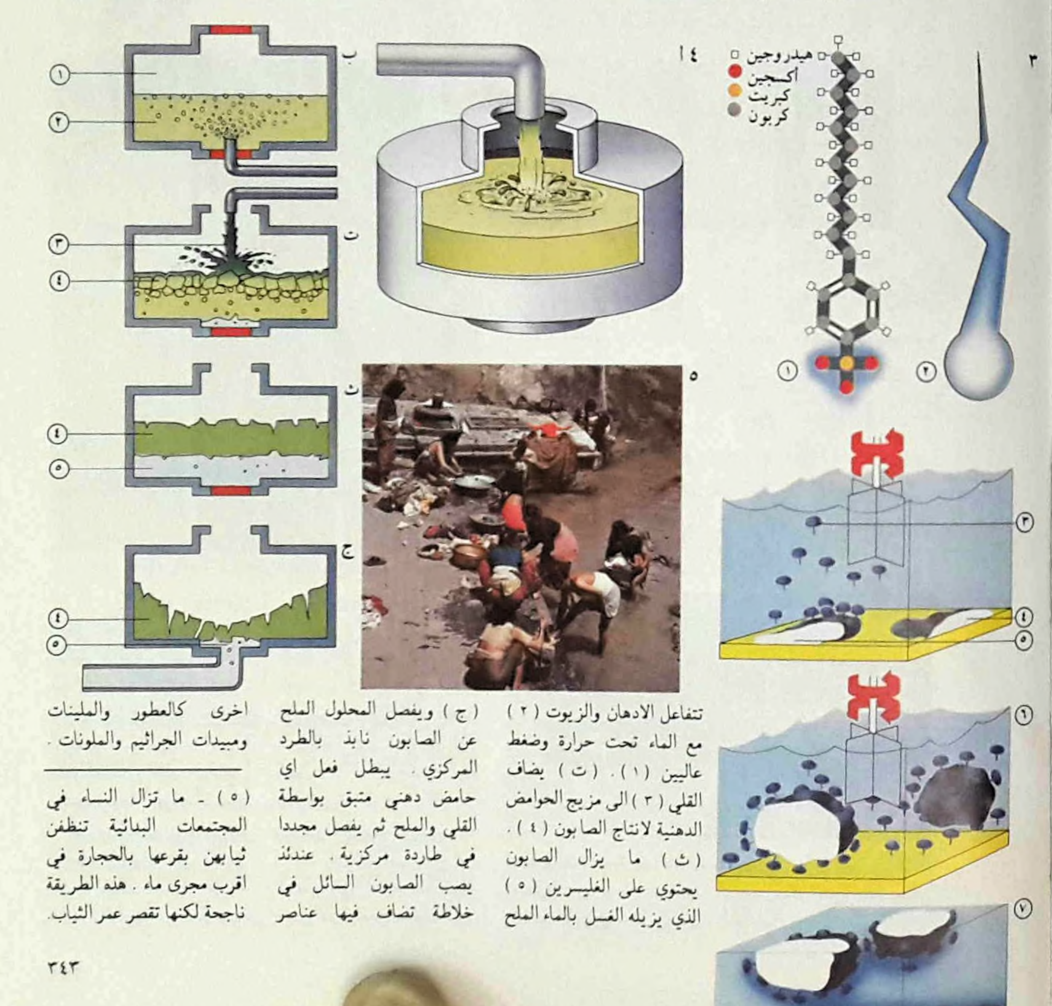
(٢) ـ المنظفات الاصطناعية هي مزيج من العناصر المختلفة اهمها العنصر المنظف او ذو الفاعلية السطحية (خافض للتوتر السطحي) . الاسم الكيميائي لعنصر منظف شائع هو دود يسيلبنزينسلفونات الصوديوم . يصنع من مشتقات البترول وله البنية الجزيئية التي ترى في الصورة . تحتجز مواد دهنية القسم الاكبر من الاوساخ العالقة في الثياب « وتنوب » سلسلة جزئي عامل التنظيف الطويلة (قسم الدوديسيل) في الدهن بينما ينوب الرأس الايوني (قسم السلفونات) في الماء .

(٣) ـ تستعمل المنظفات للغسيل لأن الماء ليس عاملا محللا . فالمنظفات تحل هذه المشكلة ، جزء منها يجذبه الماء (يألف الماء) والجزء الآخر ينوب في المواد الدهنية (حاد للماء) . الدوديسيلبنزينوسلفونات (١) منظف اصطناعي برأس يألف الماء (٢) وذيل يصد الماء . يضاف (٣) المنظف الى الماء والاشياء الوسخة (٤) فتدخل الرؤوس الصادة للماء في المواد الدهنية (٥) بينما تصد الرؤوس التي تألف بعضها بعضا فترغم المواد الدهنية والاوساخ على الارتفاع في الماء (٦) . لا تعود الجسيمات الوسخة (٧) الى الاشياء المنظفة لان هذه الاشياء والاوساخ اصبحت لها الآن شحنة كهربائية واحدة فيصد بعضها بعضا .

(٤) ـ تطبق طرق صنع الصابون الحديثة (أ) المبادىء القديمة . يُصبن الدهن والقلي لانتاج الصابون والغليسيرين . تمكن التجهيزات الحديثة من انهاء العملية خلال ١٥ دقيقة بدلا من عدة ايام . (ب)

الزيت والدهن بسهولة) او ثمرة توت الصابون (وهي ثمار شجرة تحتوي على مادة صابونية تدعى الصابونين) وعصارة النبتة الصابونية . اما الصابون ذاته فمن المحتمل ان يكون قد صنع للمرة الاولى في وادي النيل حوالى عام ٦٠٠ سنة ق . م . ثم نقل الملاحون الفينيقيون طريقة صنعه الى سواحل البحر المتوسط . في القرن الاول ب . م . كان احسن صابون يصنع من دهن الماعز ورماد خشب الزان ، وظل الدهن الحيواني ورماد الخشب مادتي الصابون الاساسيتين لعدة قرون . في الوقت الحاضر تشكل المواد الصناعية للتنظيف صناعة كبرى ويستعمل الصابون ومواد التنظيف الاخرى في اكثر المنازل (١) .

كان انتاج الصابون صناعة منزلية صغيرة حتى اواخر القرن الثامن عشر عندما حدث عدد من التغيرات (٧) . وفي عام ١٧٨٧



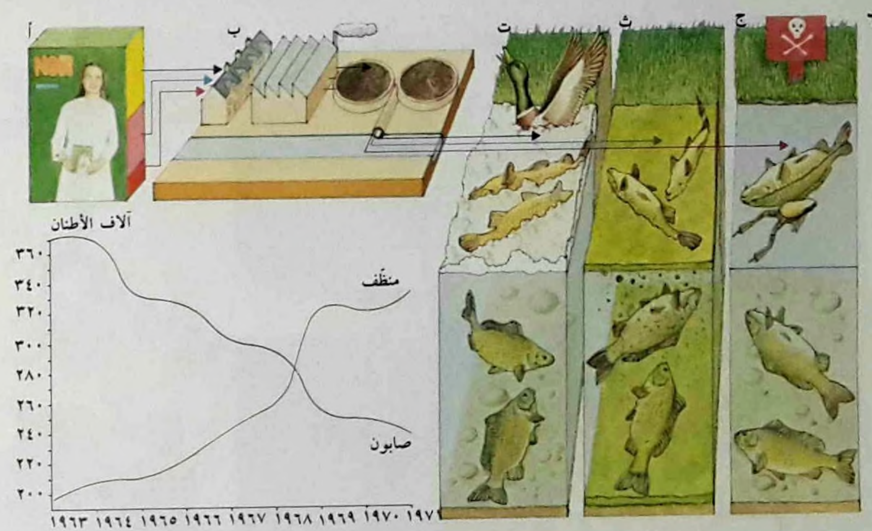
تتفاعل الادهان والزيوت (٢) مع الماء تحت حرارة وضغط عاليين (١) . (ت) يضاف القلي (٣) الى مزيج الحوامض الدهنية لانتاج الصابون (٤) . (ث) ما يزال الصابون يحتوي على الغليسرين (٥) الذي يزيله الغسل بالماء الملح (ج) ويفصل المحلول الملح عن الصابون نابذ بالطرد المركزي . يبطل فعل اي حامض دهني متبق بواسطة القلي والملح ثم يفصل مجددا في طاردة مركزية . عندئذ يصب الصابون السائل في خلاطة تضاف فيها عناصر اخرى كالعطور والملينات ومبيدات الجراثيم والملونات .

(٥) - ما تزال النساء في المجتمعات البدائية تنظفن ثيابهن بقرعها بالحجارة في اقرب مجرى ماء . هذه الطريقة ناجحة لكنها تقصر عمر الثياب .

اكتُشف ان الصودا القلوية الكاوية يمكن صنعها من الملح العادي - وهو مادة خام متوافرة - وهذا ما حرر صانعي الصابون من اللجوء الى الرماد النباتي . وقد استعملت الزيوت النباتية ، كزيت الزيتون لصنع الصابون من قبل الاسبان منذ عام ٧٠٠ ب . م . واصبحت زيوت اخرى اكثر توافرا من بلدان خارج اوروبا فاستوردت زيوت جوز الهند والنخيل والسمسم وفول الصويا من افريقيا وجنوبي شرقي آسيا والصين . وفي عام ١٩٠٠ بدأت تحل محل الادهان الحيوانية التي كان وجودها قليلا .

صناعة الصابون الحديثة

ان المرحلة الاولى في صناعة جميع انواع صابون الغسيل (٤) هي معالجة الزيت او الدهن بالقلي (التصبين) . ينتج هذا التفاعل املاحا قلوية من حوامض الاستياريك والباليميتيك والأوليك . بعد التصبين يحتوي



(٦) - اكتسحت المنظفات السوق منذ الحرب العالمية الثانية (ح) . انها منظفات ممتازة لكنها تؤذي البيئة . تنتقل المواد ذات الفاعلية السطحية (اللون الاصفر) والفوسفاتات (اللون الزهري) والمواد فوق البورات (اللون الاحمر (أ) دون ان تتغير من المجارير (ب) الى الانهار (ت) حيث تحدث المواد ذات الفاعلية السطحية (ت) رغوة تقضي على الطيور والاسماك . تساعد المواد الفوسفاتية على نمو الطحالب (ث) التي تمتص الاوكسجين من الماء فتختنق الاسماك (ج) . وتسمم فوق البورات بكتيريات مياه المجارير .

٧



(٧) - كان الصابون يصنع في الماضي في احواض مكشوفة حيث كان يسخن محلول قلوي (هيدروكسيد الصوديوم الخام) المصنوع من رماد النباتات والحجر الجيري مع ادهان حيوانية . وكان الصابون عندما يبرد يشكل قشرة صلبة يمكن كشطها .

الصابون على حوالى ٣٠ ٪ من الماء . ولصنع صابون الزينة الذي هو اكثر كثافة لا بد من تخفيض هذه النسبة الى حوالى ١٢ ٪ . بعد ذلك يمكن اضافة بعض المحسنات كالعطور والمواد الواقية والمبيضات والملونات واحيانا مبيدات الجراثيم (للصابون الطبي) تمزج كلها مع الصابون مزجا كاملا . عندئذ يبرد الصابون الذائب ويقطع بالاحجام المناسبة .

يصنع برش الصابون بفرش الصابون الذائب على اسطوانات مبردة بالماء لاحداث اشرطة ترق تدريجيا بمرورها بين عدة اسطوانات ثم تبرش في النهاية . يحتوي مسحوق الصابون عادة على سيليكات وفوسفات تضافان الى الصابون السائل ثم يسخن المزيج الناتج تحت الضغط ثم يرش في الجزء الاعلى من البرج حيث تتجمد القطرات الصغيرة اثناء هبوطها لتغطي مسحوق الصابون المعروف .

ليست جميع انواع الصابون مبنية على الصودا ، فبعضها يصنع من البوتاس الكاوي ويستعمل سائلا او معجونا للحلاقة ، كما تستعمل انواع اخرى كمزلقات في المرحلة النهائية لصنع الانسجة او كمستحضرات للتجميل او في صناعة المستحضرات الصيدلية او للتلميع كمستحلبات للدهان .

ومع ذلك يظل للصابون بعض المساوىء . فهو لا يؤدي وظيفته اذا كان في الماء شيء من الحوامض لذلك تضاف الى الصابون المنزلي بعض المواد القلوية كالكربونات والفوسفات والسيليكات .

المنظفات الاصطناعية

كانت اولى المنظفات التي صنعت على نطاق واسع مبنية على منتوجات مستخرجة من تقطير البترول الخام وهي مواد زهيدة الثمن ومتوافرة في ذلك الحين . في الخمسينات كانت المنظفات المبنية على المادة الكيميائية الاصطناعية حامض الالكيلبنزينسلفونيك A B S قد اكتسحت ٥٠ ٪ من سوق المنتوجات المعدة للغسيل .

لكن لهذا المنظف عيب خطير . فهو يحتوي على سلسلة متفرعة من الجزيئات التي كانت تجعله « عسرا » من الناحية الحيوية او غير قابل للانحلال البيولوجي وهذا يعني انه كان يقاوم البكتريات الموجودة في مراكز معالجة مياه المجاري . لذلك حلت محله منظفات قابلة للانحلال من الناحية الحيوية (الألكيلسلفونات الخطية L A S) .

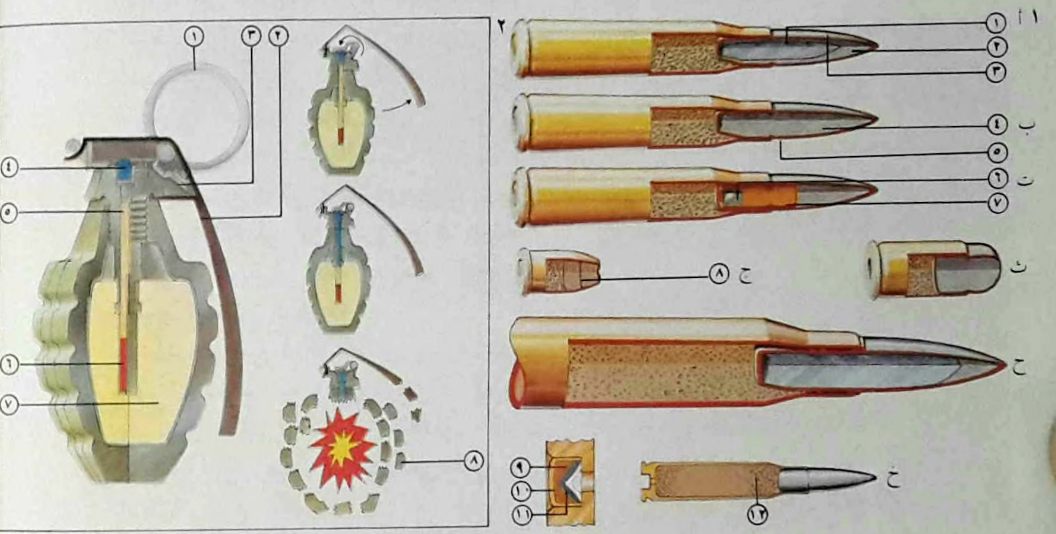
تهديد البيئة

مع ذلك لا تخلو المنظفات القابلة للانحلال الحيوي من العيوب . لذلك تضاف الى الالكيلسلفونات الخطية ، التي هي عوامل تنظيف او مواد ذات فاعلية سطحية ، مواد اخرى كمواد التقوية ومواد التبييض ومواد التلميع والانزيمات . تحول مواد التقوية دون تكون مركبات غير قابلة للذوبان في الماء العسر . من اهم هذه المركبات تريبوليفوسفات الصوديوم الذي يتحلل الى فوسفاتات تؤدي الى تكاثر الطحالب والنباتات المائية الاخرى في البحيرات والانهار (٦) . في السبعينات بدأ البحث عن بديل لهذه الفوسفاتات ، وقد صنعت ابدال عديدة لكنها جميعا ادت الى نتائج جانبية اسوأ من نتائج الفوسفاتات التي كانت معدة لتحل محلها .

المتفجرات والأسهم النارية

المتفجرة مادة تستطيع ان تتفاعل تفاعلا كيميائيا سريعا فتنتج حجما واسعا من الغازات. عندما يتكون الغاز يشغل الحجم الداخلي المتفجرة ويكون تحت ضغط عال جدا. ويزداد هذا الضغط تحت تأثير الحرارة المتولدة من التفاعل وهكذا يدفع التمدد السريع الذي يعقب ذلك المواد المجاورة بقوة. هذا هو الانفجار.

هناك نوعان رئيسيان من المتفجرات، الوقود الدفعي البطيء الاشتعال نسبيا والانواع السريعة الاشتعال المستعملة لنتائجها المدمرة في العمليات العسكرية والعمليات السلمية. في مقالع حجارة البناء يجب استعمال متفجر ضعيف لتحاشي تحطم الصخور اما في المناجم



(١) ـ تشتمل ذخائر الاسلحة الصغيرة على خرطوشة بندقية (أ) بطلقة ثاقبة للدرع لها قلب فولاذي (١) وغلاف من الرصاص الانتيمون (٢) وغلاف خارجي فولاذي (٣)، وخرطوشة عادية (ب) بطلقة من رصاص (٤) وغلاف فولاذي (٥) يستخدم ضد الاشخاص. (ت) وطلقات خطاطة تستعمل لتصحيح الرمي. كبسولة التفجير (٦) تشعل المادة الخطاطة المتوهجة (٧). (ث) وخرطوشة مسدس نموذجية و (ج) خرطوشة خلبية فيها حشوة من اللباد (٨) عوضا عن الرصاص. (ح) وخرطوشة كبيرة مخترقة للدرع، و (خ) مجموعة من شحنات التفجير. تُشعل الشحنة (٩) بواسطة الكبسولة (١٠) التي تصطدم بالسندان (١١) فتشعل الذخيرة (١٢).

(٢) ـ تشبه القنبلة اليدوية من النوع الذي يستعمله الجيش الامريكي منذ ٥٠ سنة شبها قويا قنبلة ملز البريطانية التي تعود الى عام ١٩٣٦. يدخل قاذفها سبابته اليسرى في حلقه (١) بينما تكون القنبلة في يده اليمنى. عند قذفه للقنبلة ينزع دبوس الامان وترتفع الذراع (٢) فتحرر ابرة (٣) لتفجير الكبسولة (٤) فتنتقل النار الى البارود البطيء الاشتعال (٥).

٣ أ
ب
ت
ث

فتستعمل متفجرات قوية لتحطيم المعادن الى احجام مناسبة (٥) .

تصمم القنابل والألغام المدمرة لاحداث اكبر قدر من التفجير . وللقنابل المتشظية ولبعض القنابل اليدوية غلافات تتحطم الى شظايا عديدة على الارض او فوقها بقليل لاحداث اكبر عدد من الاصابات (٢) . تحتوي بعض القذائف على شحنات متفجرة مجهزة للانفجار في وقت معين بعد اطلاقها من فوهة المدفع وهذه الشحنات غير قابلة للانفجار تحت تأثير الشحنة الدافعة .

ان احدى الاستعمالات السلمية لهذه القوة هي القولبة بواسطة التفجير حيث تسبب موجة صدمية ناتجة من متفجرة قوية اتخاذ صفيحة معدنية شكلا معينا .

يقع صنع المتفجرات تحت رقابة حكومية صارمة . فقد تكون المتفجرات المصنوعة

تشتعل كبسولة التفجير (٦) في حوالى ٤ ثوان بعد متفجر الشحنة الاساسية (٧) . تتناثر شظايا مميتة من الغلاف (٨) المصنوع من حديد الزهر ويشكل بعضها خطرا على مسافة ٣٠ م .

(٣) - صممت القنبلة الجوية « غراند سلام » (أ) البالغ وزنها ١٠ اطنان لتخترق الى عمق ٣٠ م قبل ان تنفجر . تشعل كبسولة التفجير (١) الذخيرة (٢) . للقنبلة العادية (ب) صمامة (٣ و ٤) لتأمين تفجير الذخيرة (٥) . للقنابل المتشظية (ت و ث) غلاف ضعيف (٨) يتشظى بعد ان تكون كبسولة التفجير (٦) قد فجرت الذخيرة (٧) . يمكن استعمال مظلة (٩) في داخلها للتحكم بسرعة هبوطها .

(٤) - تشتمل مصادر الخطر المموهة على الغام وثابة (أ) مطمورة في الارض مع اطراف الشوكات (١) مشرعة ودبوس الامان (٢) معتقا . وهكذا فأي لمس للشوكات يعتق ابرة القدح (٣) فتفجر جهاز الاشعال (٤) الذي يفجر بدوره الشحنة الدافعة (٥) . تطلق هذه الشحنة القذيفة (٦) الى حوالى مترين فوق سطح الارض قبل ان تنفجر . (ب) لغم تقليدي ضد الاشخاص يصلى بادارة ملقط الامان (٧) من وضع الامان (٨) الى وضع الصلي (٩) . اذا داس شخص ما على صفيحة الضغط (١٠) تدفع ابرة القدح (١١) في كبسولة التفجير (١٢) فتنفجر الشحنة (١٣) . (ت) لغم ثقيل مضاد للدبابات يصلى بادخال كبسولة الاشعال وادارة سطام الصلي (١٤) . يشغل ضغط قوي على صفيحة الضغط (١٥) كبسولة التفجير التي تشعل جهاز التفجير (١٦) والشحنة (١٧) . يحتوي هذا النوع من الالغام على كبسولات اضافية (١٨) عندما يكون مخفيا .

محليا سريعة التأثر بالصدمات لذا فهي خطيرة جدا بالاضافة الى كونها غير قانونية .

تطور صناعة مسحوق البارود

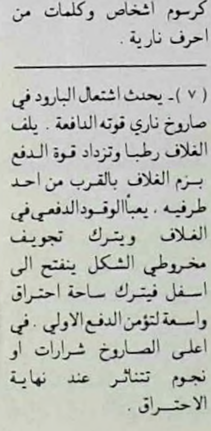
كان مسحوق البارود اقدم المواد المتفجرة الدفعية واكثرها فعالية لمئات السنين . فقد عرفه قدماء الصينيين ودخل اوروبا عن طريق العرب . ففي القرن الثالث عشر استعمل البارود لاول مرة كوقود دفعي للمدافع . وقد ساعد العرب على تطوير هذه الفكرة . كان تصميم الاسلحة النارية وتطورها مرتبطين ارتباطا وثيقا بنوعية « المسحوق الاسود » كما عرف البارود آنذاك .

كان مسحوق البارود يصنع بمزج نترات البوتاس مع الكربون والكبريت وكان المزيج يبلل للحؤول دون اشتعال فوري ثم يسحق لتصغير حجم الحبيبات . ثم كان القرص الحاصل بعد التجفيف يكسر الى حبات

٥



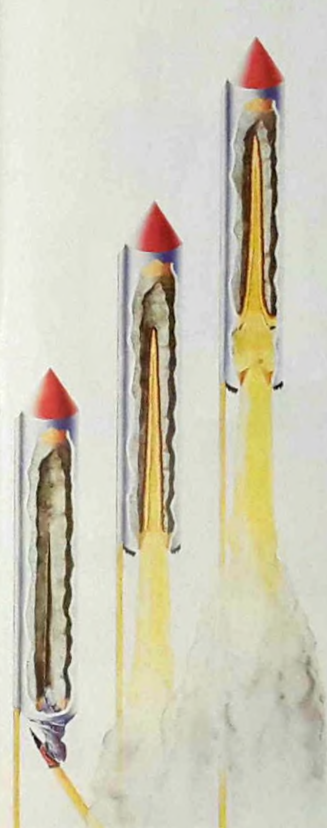
٦



(٥) - في عمليات النسف يحفر ثقب لوضع الشحنة يتوقف عمقه وحجمه على نوع الصخر ومادة التفجير المستعملة والغاية المقصودة . يحدث الانفجار موجات صدمية شعاعية تنطلق من مركز الانفجار في جميع الاتجاهات بحيث تكون قوة الانفجار على اشدها في المركز . تستعمل المتفجرات الضعيفة في مقالع حجارة البناء لتلافي تحطمها، اما في انواع الصخور الاخرى فيستعمل الهلام المتفجر او الديناميت . هناك درجات مختلفة لقوة المتفجرات تستعمل وفقا لصلابة الصخر وعمق الثقب . تشعل الشحنة بواسطة كبسولة تفجرها صمامة امان او بطريقة كهربائية .

(٦) - في الاحتفالات . تعمل الالعاب النارية باحتراق مواد مختلفة ويتم الحصول على الالوان باضافة املاح معدنية مختلفة وعلى الشرر من جسيمات معدنية محوقة سحقا دقيقا . يحدث ترتيب اطلاق الاسهم آثارا لطيفة كرسوم اشخاص وكلمات من احرف نارية .

٧



(٧) - يحدث اشتعال البارود في صاروخ ناري قوته الدافعة . يلف الغلاف رطبا وتزداد قوة الدفع بزم الغلاف بالقرب من احد طرفيه . يعبأ الوقود الدفعي في الغلاف ويترك تجويف مخروطي الشكل ينفتح الى اسفل فيترك ساحة احتراق واسعة لتؤمن الدفع الاولي . في اعلى الصاروخ شرارات او نجوم تتناثر عند نهاية الاحتراق .

باحجام مختلفة ، وكانت الحبات الكبيرة تشتعل ببطء وتعطي القذيفة دفعا بطيئا وطويلا نسبيا . كان ذلك مثاليا بالنسبة الى قذائف المدافع لكن القذيفة او الرصاصة في البندقية تحتاج الى اشتعال اسرع وبالتالي الى استعمال حبات اصغر .

في اواخر القرن التاسع عشر حل الكورديت ، وهو بارود ممتاز عادم الدخان ، محل مسحوق البارود كوقود دفع عسكري . فهو يحتوي على النيتروغليسيرين (نيترات الغليسرول) وعلى النيتروسيلولوز (قطن البارود) مع كمية قليلة من هلام معدني (فازلين) .

تطور الديناميت

يحتاج النيتروغليسرين ، وهو سائل زيتي انتج للمرة الاولى عام ١٨٤٦ ، الى صدمة خفيفة لينفجر ، لذلك فاستخدامه كمتفجر قوي هو في غاية الخطورة . حل المشكلة الكيميائي والصناعي السويدي الفرد نوبل (١٨٣٣ - ١٨٩٦) عام ١٨٦٦ عندما اكتشف ان التراب النقاعي (الدياتومي) (كيسيلغور) وهو تراب ثنائي الذرة (ثاني اكسيد السيليكون : سليكا) يمتص ثلاثة اضعاف وزنه من النيتروغليسرين ويظل جافا . ويحتفظ الناتج الحبيبي بجميع خصائص النيتروغليسرين لكنه اقل منه كثيرا حساسية للصدمات .

اكتشف نوبل في ما بعد ان النيتروسلولوز (المسمى قبلا قطن البارود) يمكن « جلتنته » مع النيتروغليسرين للحصول على هلام جامد يدعى الجيلاتين المتفجر .

ان اكثر المتفجرات الحربية القوية هي مواد كيميائية عضوية كثالث نيتريت التولوين (T N T) وبيكرات الامونيوم والسيكلونيت ورابع نيترات الاريتريتول الخماسي . تحتوي القنابل والقذائف المتفجرة على ثالث نيتريت التولوين او على الاماتول (وهو مزيج من ثالث نيتريت التولوين ونيترات الامونيوم) القليلة الحساسية بحيث لا تنفجر تحت صدمة الوقود الدفعي . تحتوي القذائف المخترقة للدرع ، على بيكرات الامونيوم الذي هو اقل حساسية من ثالث نيترات التولوين ويقاوم صدمة الارتطام قبل ان ينفجر . تستعمل المتفجرات اللدنة لغايات حربية وغايات سلمية وهي تتألف من سيكلونيت مغلف بشمع .

الصمامات (الصهيرات) وكبسولات التفجير والاسهم النارية

تستخدم الصمامة لاشعال متفجرة عن بعد او بعد فترة . تحتوي صمامات الامان على مادة شبيهة بمسحوق البارود وغالبا ما تستعمل مع كبسولة تفجير ، وتحتوي هذه الكبسولة على متفجر اولي حساس .

ان علم صناعة الصواريخ النارية هو استعمال المتفجرات لارسال اشارة او للعرض أو للاضاءة أو للأسهم النارية . ويمكن الحصول على الوان مختلفة باضافة ملح معدني مناسب . فاملاح الانتيمون تعطي شعلة بيضاء واملاح السترونسيوم شعلة حمراء واملاح الباريوم شعلة خضراء واملاح الصوديوم شعلة صفراء ومزيج من املاح النحاس وكلورور الزئبق شعلة زرقاء . والاسهم النارية ، كجميع المتفجرات ، خطرة ويجب استعمالها بحذر .

كيمياء الألوان

منذ اقدم العصور عرف الانسان الالوان واستعملها . كما تشهد بذلك الصور الموجودة في كهوف ألتاميرا ولاسكو (٥) وفي ايطاليا والاورال وفي سيبيريا الشرقية واستراليا . فقد استعمل الانسان البدائي المواد الطبيعية لتلوين هذه الصور ، ومنذ ذلك الحين ما زال الانسان يختبر طرائق استخراج الاصباغ والمواد الملونة من المواد الطبيعية ويحسّنها ، حتى راح ، منذ مدة قريبة نسبيا ، ينتجها بوسائل اصطناعية .

تركيب الاصباغ والأدهان

عرف الانسان البدائي كيف يستخرج

١

٢



٣

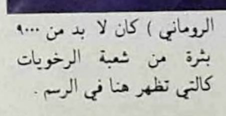


٤

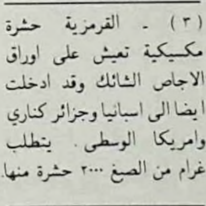


(١) ـ ظل نبات العظلم لأكثر من ألف سنة المادة الاساسية لتحضير الصبغ الازرق . كان استخراج النيلين منه يبث رائحة منتنة الى درجة ان الملكة اليزابيث الاولى حظرت وجود طواحين العظلم على مسافة خمسة اميال من محل اقامتها . لكنها في الوقت نفسه حمت الصناعة البريطانية من منافسة النيلة الهندية التي ظل الحظر على استيرادها في انجلترا قائما حتى نهاية القرن السابع عشر . في فرنسا كان هنري الرابع يحكم بالاعدام على كل من يستعمل النيلة الهندية . وكانت الصناعة الوطنية محمية ايضا في المانيا وايطاليا . ومع ذلك ، وعلى الرغم من سياسة الحماية هذه ، تفوقت في آخر الامر النيلة الهندية بسبب رخص سعرها ولونها الزاهي ، فبدأت تجارة العظلم تتقهقر .

(٢) ـ استعملت النباتات والصدفيات والحشرات لتحضير الاصباغ واحيانا بكثير من العناء والكلفة . فلانتاج غرام واحد من الارجوان الصوري (الارجوان الامبراطوري الروماني) كان لا بد من ٩٠٠٠ بثرة من شعبة الرخويات كالتي تظهر هنا في الرسم .



(٣) ـ القرمزية حشرة مكسيكية تعيش على اوراق الاجاص الشائك وقد ادخلت ايضا الى اسبانيا وجزائر كناري وامريكا الوسطى . يتطلب غرام من الصبغ ٢٠٠٠ حشرة منها .



(٤) ـ تبين هذه العيّنات من حبر الطباعة المدى الواسع للالوان المتوافرة . تستعمل الاخضاب اللاعضوية (الازرق البروسي وكرومات الرصاص) والاصباغ والاخضاب الاصطناعية العضوية الحديثة في تركيب هذه الانواع .

الاصباغ الحيوانية والنباتية ليدهن بها جسده ، وفي ما بعد ، ليخضب بها ثيابه . ولكنه لم يفهم تركيب الاصباغ الكيميائي على حقيقته الا منذ القرن التاسع عشر ، اذ اكتشف ان الاصباغ هي مواد عضوية معقدة مرتبطة كيميائيا بالالياف بعكس الخضاب الذي هو مجرد جسيمات كبيرة تغطي سطح النسيج . يتوقف اللون الذي نراه على طول موجة الضوء الذي يمتصه الصبغ او الخضاب .

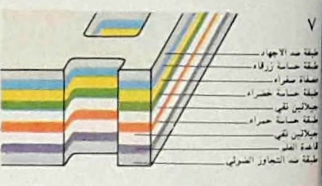
في الادهان ، يخلط الخضاب المسحون سحنا ناعما ضمن وسط زيتي . عندما يرش بشكل طبقة رقيقة على جسم ، يجف الوسط فيشكل غشاء رقيقا قاسيا يثبت جسيمات الخضاب الى سطح الجسم . كانت الاخضاب النباتية والحيوانية مستعملة في الازمنة الماضية ـ كاللون البني الداكن المستخرج من السبيدج واللون الاسود العاجي المستخرج من العاج المحروق واللون النيلي

٥

٦



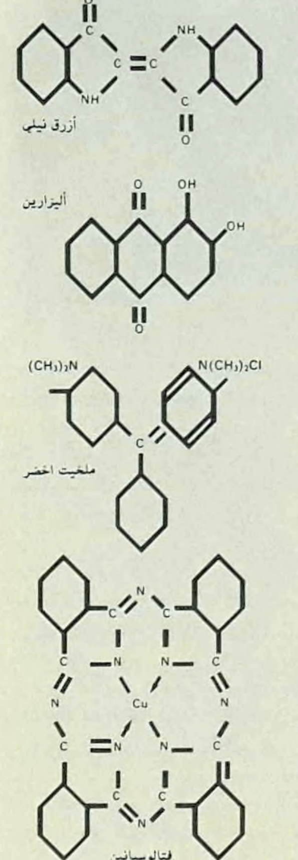
٧



(٥) ـ اكثر اللبونات مصابة بعمى الالوان . الانسان وحده وبعض الرئيسات فقط يستطيعون تمييز الالوان في الطيف الكهرطيسي المرئي . عندما يقع الضوء الابيض على جسم ، يقرر التركيب الكيميائي لهذا الجسم الالوان التي يمتصها والالوان التي يعكسها . الضوء المعكوس وحده هو الذي نراه ونفسره الوانا مختلفة . يبدو لنا الثوب الذي يمتص الاشعاع الازرق من الضوء الابيض محمرا .

(٦) ـ هناك اربع فئات رئيسية من الاصباغ والاخضاب بالاضافة الى الالوان الازوتية التي تؤمن ٥٠ ٪ من جميع الاصباغ والاخضاب المصنوعة . كان الاليزارين المستخرج من قطران الفحم أول ما استعمله المصريون كصبغ احمر . وأول ما صنعت النيلة تجاريا كان في عام ١٨٩٧ . وكان الملخيت الاخضر من أول الاصباغ الاصطناعية المستعملة . أما الفتالوسيانينات ، فقد اكتشفت في العشرينات من هذا القرن .

(٧) ـ يتألف الفلم الملون من ثلاث طبقات من هيلدات الفضة تتأثر بالالوان الزرقاء والخضراء والحمراء . يتم الحصول على صورة موجبة من فلم سالب مظهر باحلال الالوان المتممة محل الوان الفلم السالب (الاصفر محل الازرق مثلا) .



الذي استخلص اصلا من نبتة - مع ان هذه الاخضاب كانت اقل ثباتا من الاخضاب اللاعضوية المستخرجة من المعادن . ما تزال بعض الاخضاب اللاعضوية مستعملة حتى اليوم ، لكن اكثرها يستخرج من مواد كيميائية عضوية اصطناعية .

استعملت ايضا بعض المستخرجات النباتية والحيوانية كاصباغ (٢ و ٣) ، وغالبا ما كانت تمزج معا لاعطاء الوان اخرى (١) . فالعظلم كان يعطي لونا ازرق قاتما عندما يمزج مع الفوة ، ولونا اسود مع البقم وجوز العفصة ، ولونا اخضر مع الخزام ، والوانا تتدرج من البنفسجي الى الارجواني مع القرمز .

تصنيف الاصباغ

يمكن تصنيف الاصباغ بطريقتين مختلفتين ؛ اما بناء على استعمالها ، او على

٨



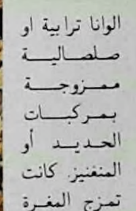
(٨) - حجر الدم هو احد اكسيدات الحديد التي استعملت في بادىء الامر لصنع اصباغ الاصفر والاحمر والبني وظلال الابيض .

٩



(٩) - كان السجاد الايراني القديم يصبغ بالفوة (او بالقرمزية) والرتم (الوزال) والنبق والنيلة والحنة . وكلها اصباغ نباتية او مستخرجة من الحشرات تجمل وتتحسن مع مرور الزمن كما يبدو ذلك في هذه السجادة التي يعود عهدها الى ٤٠٠ سنة .

١٠





(١٠) - كانت الرسوم في كهوف ألتاميرا ولاسكو التي يعود عهدها الى ١٢٠٠٠ سنة تستعمل الوانا ترابية او صلصالية ممزوجة بمركبات الحديد أو المنغنيز . كانت تمزج المغرة الطبيعية والسخام الناجم عن فحم السنديان بالدهن الحيواني ومخ العظم والدم . ومازال الاستراليون الاصليون يستعملون هذه الاخضاب ذاتها ، الاسود من الفحم النباتي ، والابيض من الصلصال والجفصين ، والاصفر من الليمونيت واكسيد المغرة وبعض الفطور ، والاحمر من المغرة الحمراء والليمونيت والوعنة والمنغنيز واكسيد الحديد وصخور رملية مختلفة .

تركيبها الكيميائي (٦) . الاصناف الرئيسية هي : اصباغ الدنّ ، الأصباغ المباشرة ، الأصباغ المرسخة ، الاصباغ الكبريتية ، والاصباغ التي يصبغ بها قبل الحياكة . اصباغ الدنّ - كالنيلة - لا تذوب في الماء ، فلا بد من تحويلها الى مشتق قابل للذوبان يستطيع القماش تشربه . بعد تشرب القماش له ، يعود الصبغ الى شكله الاصلي . الاصباغ المباشرة تخضب القماش مباشرة ، بينما الاصباغ المرسخة تحتاج الى ترسيخ على الالياف بواسطة مادة مرسخة كالشبة التي تصبح مع الصبغ مادة غير قابلة للذوبان على القماش . الاصباغ الكبريتية تصبغ القطن مباشرة ، والاصباغ التي يصبغ بها قبل الحياكة ، (وهي اصباغ مشتقة من البنزول الازوتي) هي غير قابلة للذوبان وتركب على القماش عند حياكته ، أي ان القماش يعالج بمادة كيميائية تتفاعل مع ملح ديازوتي فتعطي الصبغ .

شهد القرن التاسع عشر نهاية الكثير من صناعات الاصباغ الطبيعية . فقد اكتشف اول صبغ اصطناعي (الصبغ الارجواني الانيليني) الكيميائي البريطاني وليم بركين (١٧٣٨ - ١٩٠٧) عام ١٨٥٦ ، ثم ما لبث ان عقب ذلك اكتشاف الماجنتة عام ١٨٥٨ . ثم برهن اوغست هوفمان (١٨١٨ - ١٨٩٢) معلم بركين ان الماجنتة يمكن تحويلها الى اصباغ بنفسجية معروفة بفئة الروزانيلينات .

في ذلك الوقت نفسه ، تم اكتشاف كيميائي في غاية الاهمية على يد الكيميائي الالماني الشاب بيتر غريس (١٨٢٩ - ١٨٨٨) ، هو اكتشاف التفاعل الديازوتي الذي مكّن من تحضير اصباغ ازوتية انطلاقا من عدد كبير من المواد الوسيطة . ثم جاء اكتشاف البنية الحلقية للبنزول ، على يد الماني آخر هو فريدريك كيكوله (١٨٢٩ - ١٨٩٦) ، كما جرت تطورات اخرى في فهم اسس الكيمياء ، فمكّن ذلك من تعيين نوع الجزيئات التي تعطي الالوان ومن تركيبها عند الاقتضاء . وهكذا نمت صناعة تجارية كبيرة تنتج اصباغا اصطناعية من مواد كيميائية عضوية .

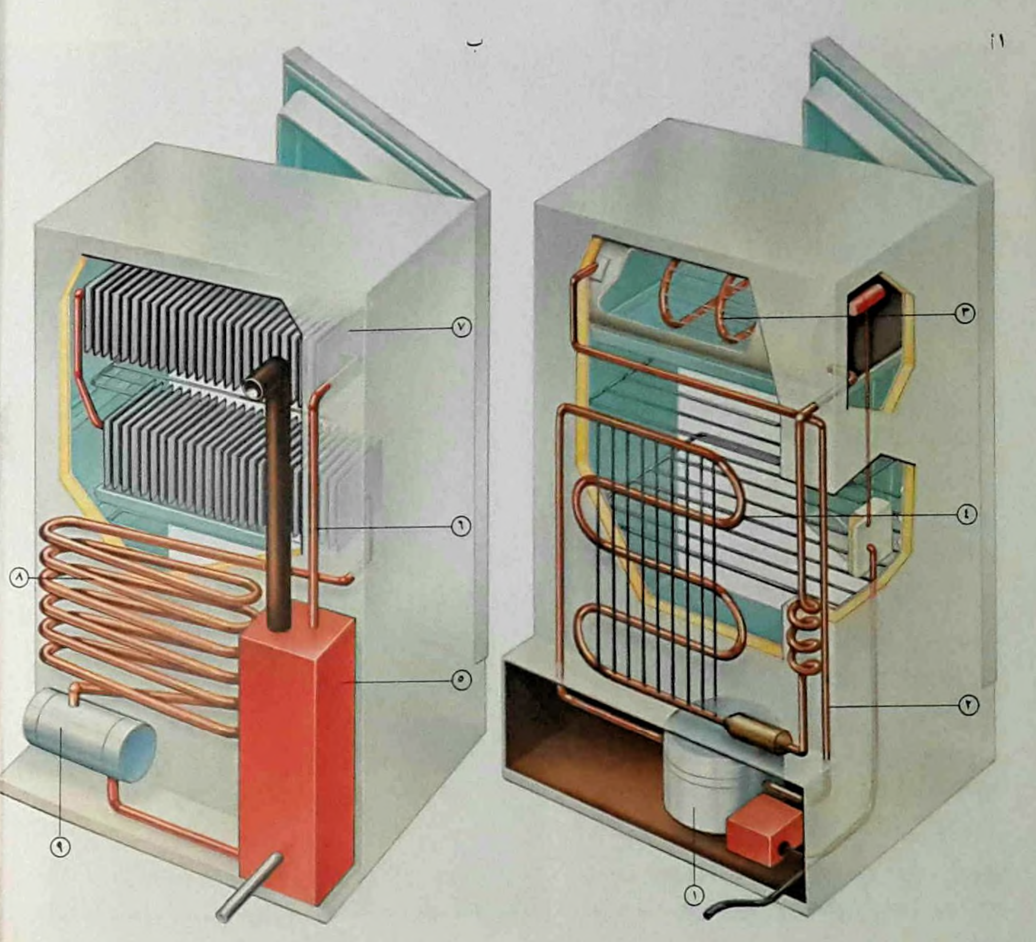
الصناعة الحديثة للاصباغ

منذ القرن التاسع عشر ، احدثت التقنات الحديثة ثورة في صناعة الاصباغ والاخضاب ، فاصبحت اكثرها مركّبات اصطناعية مشتقة في الدرجة الاولى من مواد كيميائية عضوية عطرية يتم الحصول عليها من تقطير قطران الفحم الحجري والنفط الخام .

يمكن اعطاء الاصباغ الآزوتية عدة الوان ، وهي تستعمل في جميع انواع المواد كما تستعمل كاخضاب في حبر الطباعة وفي اللدائن . فاصباغ الانتراكينون تعطي اخضابا زرقاء محمرة تستعمل في الدهانات والطلاء بالمينا وبالبرنيق وفي الصابون واللدائن والاقمشة ، وتستعمل الالوان النيلجية (زرقاء وحمراء) لصبغ الاقمشة . وتعطي الميثانات الفيتيلية الثلاثية التكافؤ لونا اخضر لماعا وظلالا زرقاء وارجوانية وتستعمل في الورق وحبر الطباعة واقلام التلوين ومستحضرات التجميل والاغذية المحضّرة سلفا ؛ اما فتالوسيانين النحاس ، فهو خضاب يستعمل في حبر الطباعة والطلاء ومستحلبات الدهان والطلاء المائي والمطاط واللدائن ودهان ابدان السيارات ، كما يستعمل ايضا كصبغ غالبا ما يكون ازرق او اخضر ولمّاعا .

أُدوات الحياة اليوميّة وكيفية استعمالها

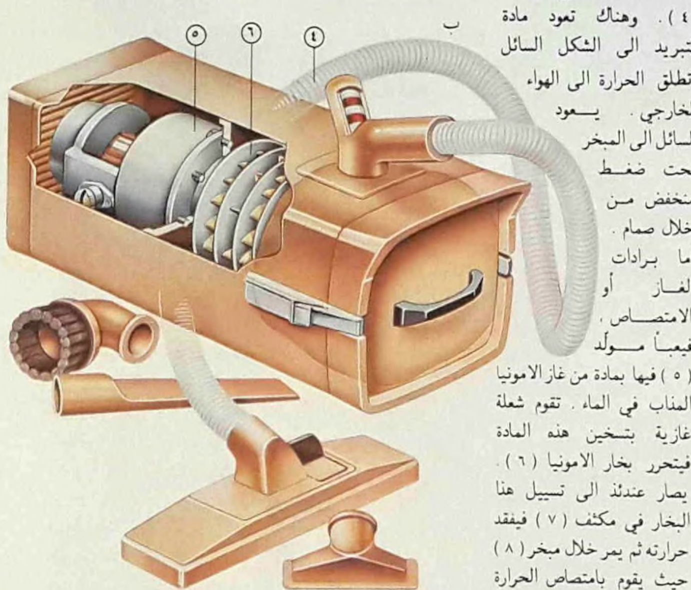
اكثر الادوات المذكورة في هذا الفصل هي ادوات مألوفة لدى اي انسان يعيش في بلد حديث. بعض الادوات الشائعة اليوم تعود الى ازمنة قديمة. فالبراد (او الثلاجة) (١) وآلة الغسيل (٣) والمكنسة الكهربائية (الخوائية) تعمل وفقا لمبادىء معروفة منذ اجيال. وكذلك الحال مع الادوات الاخرى المذكورة في هذا الفصل والتي تعتبر مفيدة للحياة اليومية بشكل عام كالبارومترات والمثقب ومطافيء الحريق. اخترع البراد عام ١٨٣٤ بواسطة شخص امريكي يدعى جاكوب بركنز سجل براءة اختراعه في بريطانيا. وقد تطور الاختراع في خمسينات القرن الماضي بحيث يمكن القول ان البرادات



الكهربائية الحديثة لا تختلف الا قليلا عن البراد الذي صنعه المدعو جيمس هاريسون عام ١٨٥١ . اما البارومترات الاولى فكانت تستعمل انابيب طويلة ملأى بالزئبق كبارومتر فورتان (٤ - أ) وقد تلتها بارومترات من النوع الجاف (٤ - ب).

اكثر الآلات الحديثة تستمد طاقتها من الكهرباء . فآلات الغسيل (٣) والمكانس الكهربائية الخوائية (٢) والمثاقب تستعمل كلها محركات كهربائية . اما مطافىء الحريق (٥) فلا تحتاج الى طاقة كهربائية بل تعمل كيميائيا بواسطة المواد المضغوطة في داخلها .

٢أ



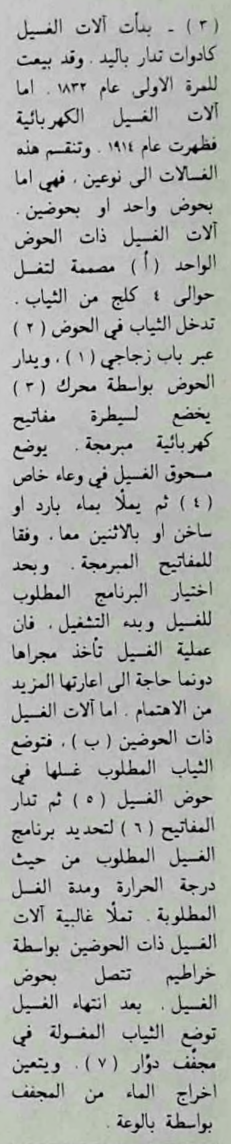
٣
٢
١

(١) - تعمل البرادات المنزلية اما بالكهرباء (أ) او بالغاز (ب) . في النموذج الكهربائي يقوم محرك كهربائي بادارة جهاز ضغط (١) يقوم بتمرير مادة تبريدية (٢) . اما مادة التبريد فهي سائل يساعد على التبريد ويغلي على درجة حرارة متدنية وغالبا ما يكون من مادة الفريون (وهي مادة تحتوي الكربون والفلورين) .

وعندما تتحول هذه المادة التبريدية الى بخار فانها تمتص الحرارة من حجرة التجميد او التبخير (٣) . يجري بعدئذ ضغط البخار تحت ضغط عال الى المكثف (٤) . وهناك تعود مادة التبريد الى الشكل السائل وتطلق الحرارة الى الهواء الخارجي . يعود السائل الى المبخر تحت ضغط منخفض من خلال صمام . اما برادات الغاز أو الامتصاص ، فيعبأ مولد (٥) فيها بمادة من غاز الامونيا المذاب في الماء . تقوم شعلة غازية بتسخين هذه المادة فيتحرر بخار الامونيا (٦) . يصار عندئذ الى تسييل هذا البخار في مكثف (٧) فيفقد حرارته ثم يمر خلال مبخر (٨) حيث يقوم بامتصاص الحرارة من البراد و يعود الى حالته كغاز . يسقط هذا الجهاز الى اسفل المبخر ويسحب الى جهاز امتصاص (٩) ثم يعود الى المولد مرة أخرى .

---

(٢) - صنعت النماذج الصغيرة للمكانس الخوائية للمرة الاولى عام ١٩٠٤ . وقد تم اختراع نموذج كهربائي « قائم » في عام ١٩٠٨ . والمكانس الكهربائية « الخوائية » الحديثة القائمة (أ) لها محرك يقوم بدفع فراش لولبية (١) وقضبان قرّاعة تنتزع الغبار والاوساخ . تقوم مروحة (٢) بدفع هذه الغبار والاوساخ الى كيس (٣) مهيأ لهذا الغرض بينما يصار الى التخلص من الهواء العادم بواسطة مرشح (٤) . اما النموذج الاسطواني الشكل (ب) ، فتركب فيه العناصر ، باستثناء انبوب الدخول (٤) ، بشكل افقي . وهذه العناصر هي المحرك (٥) والمراوح (٦) وكيس الغبار . ولا تحتوي النماذج الاسطوانية عادة على فراش او قضبان قرّاعة .



(٣) - بدأت آلات الغسيل كادوات تدار باليد. وقد بيعت للمرة الاولى عام ١٨٣٢. اما آلات الغسيل الكهربائية فظهرت عام ١٩١٤. وتنقسم هذه الغسالات الى نوعين، فهي اما بحوض واحد او بحوضين. آلات الغسيل ذات الحوض الواحد (أ) مصممة لتغسل حوالى ٤ كلج من الثياب. تدخل الثياب في الحوض (٢) عبر باب زجاجي (١)، ويدار الحوض بواسطة محرك (٣) يخضع لسيطرة مفاتيح كهربائية مبرمجة. يوضع مسحوق الغسيل في وعاء خاص (٤) ثم يملأ بماء بارد او ساخن او بالاثنين معاً، وفقاً للمفاتيح المبرمجة. وبعد اختيار البرنامج المطلوب للغسيل وبدء التشغيل، فان عملية الغسيل تأخذ مجراها دونما حاجة الى اعارتها المزيد من الاهتمام. اما آلات الغسيل ذات الحوضين (ب)، فتوضع الثياب المطلوب غسلها في حوض الغسيل (٥) ثم تدار المفاتيح (٦) لتحديد برنامج الغسيل المطلوب من حيث درجة الحرارة ومدة الغسل المطلوبة. تملأ غالبية آلات الغسيل ذات الحوضين بواسطة خراطيم تتصل بحوض الغسيل. بعد انتهاء الغسيل توضع الثياب المغسولة في مجفف دوّار (٧). ويتعين اخراج الماء من المجفف بواسطة بالوعة.

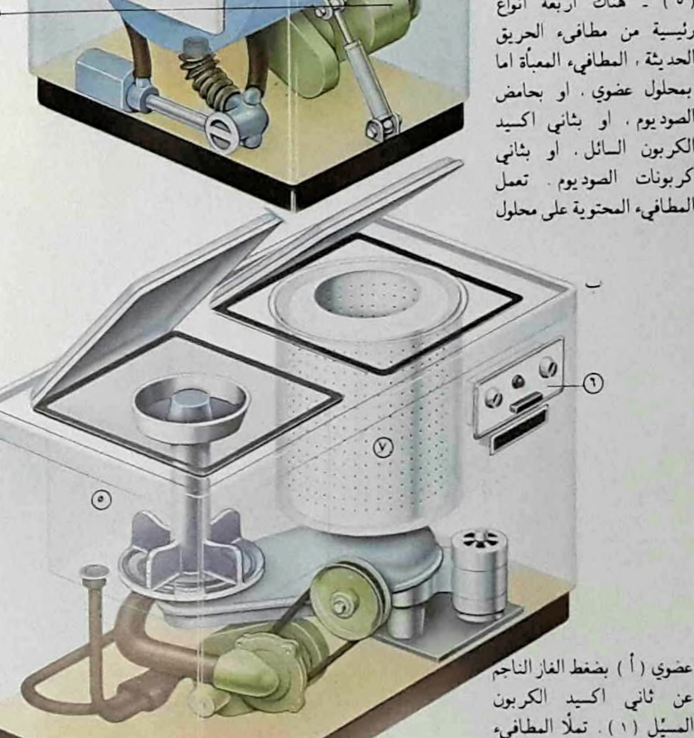
---

(٤) - صمّم بارومتر فورتان (أ) في أوائل القرن الثامن عشر. كان الزئبق يوضع داخل كيس من جلد الظباء (الشموا) (١) ويضغط على لولب (٢) يدور الى ان يلمس رأسه المؤشر (٣). ويقرأ الضغط على مقياس (٤). اما البارومتر المعدني (ب)، فاخترع عام ١٨٤٣. وهو يحتوي على حجرة معدنية مفرغة من الهواء ومختومة (٥) وهي تتمدد او تتقلص وفقا للتغييرات في الضغط الجوي. وأحد جوانب هذه الحجرة مثبت في مكانه بينما يحرك الجانب الآخر مؤشرا (٦) متصلا به.

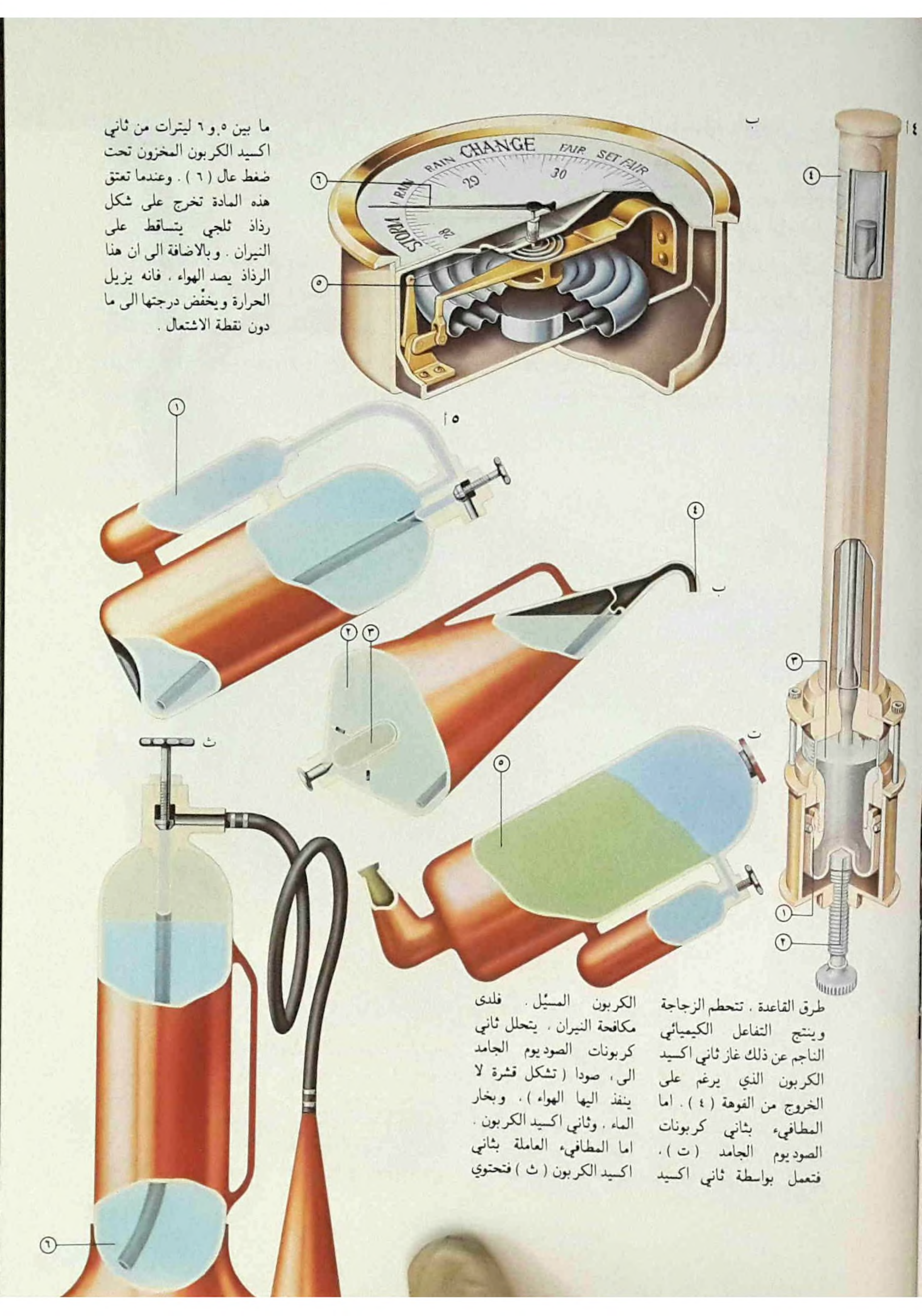
---

(٥) - هناك اربعة انواع رئيسية من مطافىء الحريق الحديثة، المطافىء المعبأة اما بمحلول عضوي، او بحامض الصوديوم، او بثاني اكسيد الكربون السائل، او بثاني كربونات الصوديوم. تعمل المطافىء المحتوية على محلول عضوي (أ) بضغط الغاز الناجم عن ثاني اكسيد الكربون المسيّل (١). تملأ المطافىء المعبأة بحامض الصوديوم (ب) بمحلول من ثاني كربونات الصوديوم (٢) وتحتوي على زجاجة صغيرة من حامض الكبريتيك (٣). عند

١٣



ما بين ٥.و ٦ ليترات من ثاني اكسيد الكربون المخزون تحت ضغط عال (٦) . وعندما تعتق هذه المادة تخرج على شكل رذاذ ثلجي يتساقط على النيران . وبالاضافة الى ان هذا الرذاذ يصد الهواء ، فانه يزيل الحرارة ويخفض درجتها الى ما دون نقطة الاشتعال .



طرق القاعدة . تتحطم الزجاجة وينتج التفاعل الكيميائي الناجم عن ذلك غاز ثاني اكسيد الكربون الذي يرغم على الخروج من الفوهة (٤) . اما المطافىء بثاني كربونات الصوديوم الجامد (ت) ، فتعمل بواسطة ثاني اكسيد الكربون المسيّل . فلدى مكافحة النيران ، يتحلل ثاني كربونات الصوديوم الجامد الى ، صودا (تشكل قشرة لا ينفذ اليها الهواء) ، وبخار الماء ، وثاني اكسيد الكربون . اما المطافىء العاملة بثاني اكسيد الكربون (ث) فتحتوي

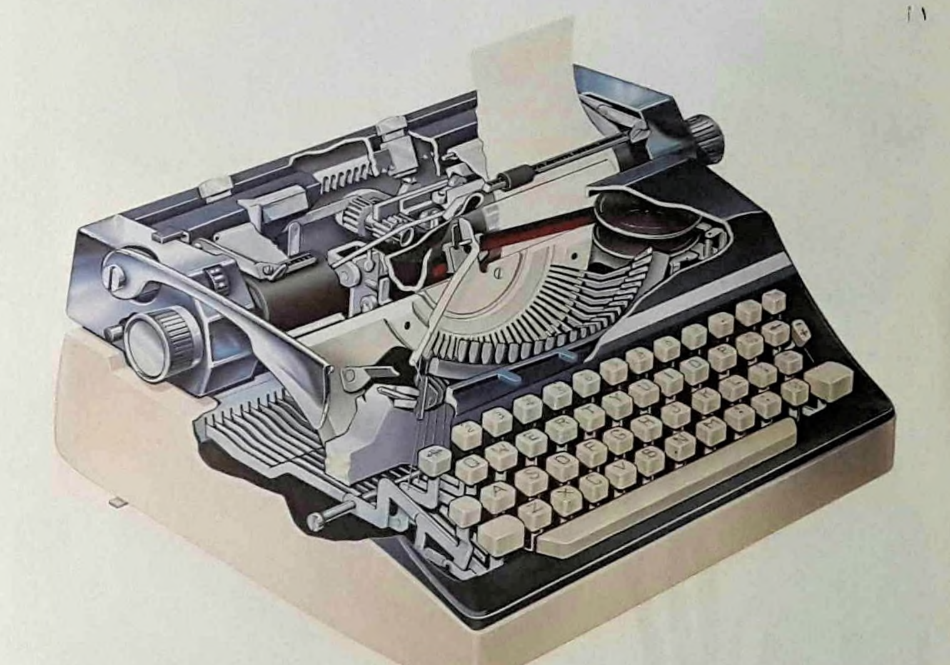
أدوات الحياة اليومية وآلاتها

اثنان من انفع الاجهزة التي اخترعت للتجارة - وللمنازل على نحو متزايد - هما الآلة الكاتبة والحاسبة الالكترونية . كلاهما يرتكز على اعمال مخترعين ومهندسين قدماء صمموا انواعا كثيرة من هذه الآلات وصنعوها .

تعود اصول الآلة الكاتبة (١) الى براءة اختراع منحتها الملكة آن الى الانجليزي هنري مل عام ١٧١٤ . لكن كان على العالم ان ينتظر حتى عام ١٨٧٤ ليرى اول آلة تجارية ناجحة هي الرمنغتون التي تطورت عن آلة صنعها في الولايات المتحدة كريستوفر شولز (١٨١٩ - ١٨٩٠) عام ١٨٦٧ . كما دخلت اول آلة كهربائية السوق في منتصف الثلاثينات .

تدين الحاسبات الحببية (٢) بوجودها

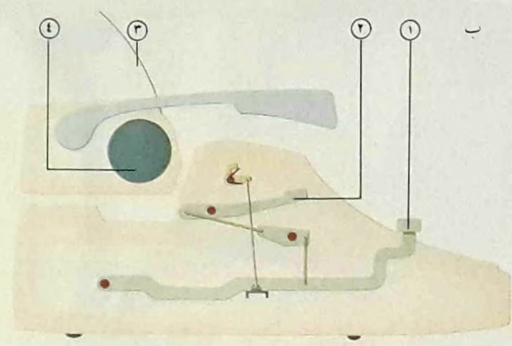
١ أ



(١) - تعمل الآلات الكاتبة الميكانيكية الحديثة (أ) وفقا لمبادىء اساسية واحدة (ب) سواء كانت نقالة او غير نقالة . عند الضرب على مفتاح (١) يحمل الحرف المقصود تتحرك سلسلة من العتلات المترابطة فيؤدي ذلك الى رفع قضيب عند كل ضربة على المفتاح . يقع الحرف المعدني الموجود على طرف القضيب على شريط محبر يطبع الحرف على الورقة . عندما يعود القضيب الطابع الى موضعه تتقدم حاملة الحرف المناسب (٢) . تلف الورقة (٣) حول اسطوانة أو (٤) وتنتقل على مسافة حرف عند كل ضربة على المفتاح . عند نهاية السطر تضغط الضاربة على عتلة تعيد الحاملة الى اليمين وتدير الاسطوانة مسافة سطر . صنعت الآلة الكاتبة الكهربائية (ت) للتخفيف من الجهد اليدوي

لاختراع الدوائر المتكاملة الدقيقة وتطورها الحديث والسريع . هذه الحاسبات مجهزة بترنزيستورات اخترعها عام ١٩٤٨ ثلاثة امريكيون هم جون باردين (١٩٠٨) ووليم شووكلي (١٩١٠) وولتر براتين (١٩٠٢) الذين نالوا في ما بعد جائزة نوبل مكافأة لاعمالهم . تمكن هذه التكنولوجية مجموعة الحاسبات الالكترونية من ان تكون اصغر حجما من سابقاتها واكثر اهلا للثقة واقوى .

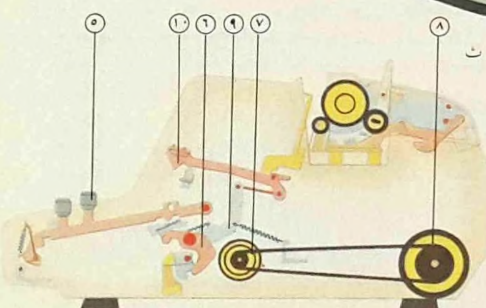
ب



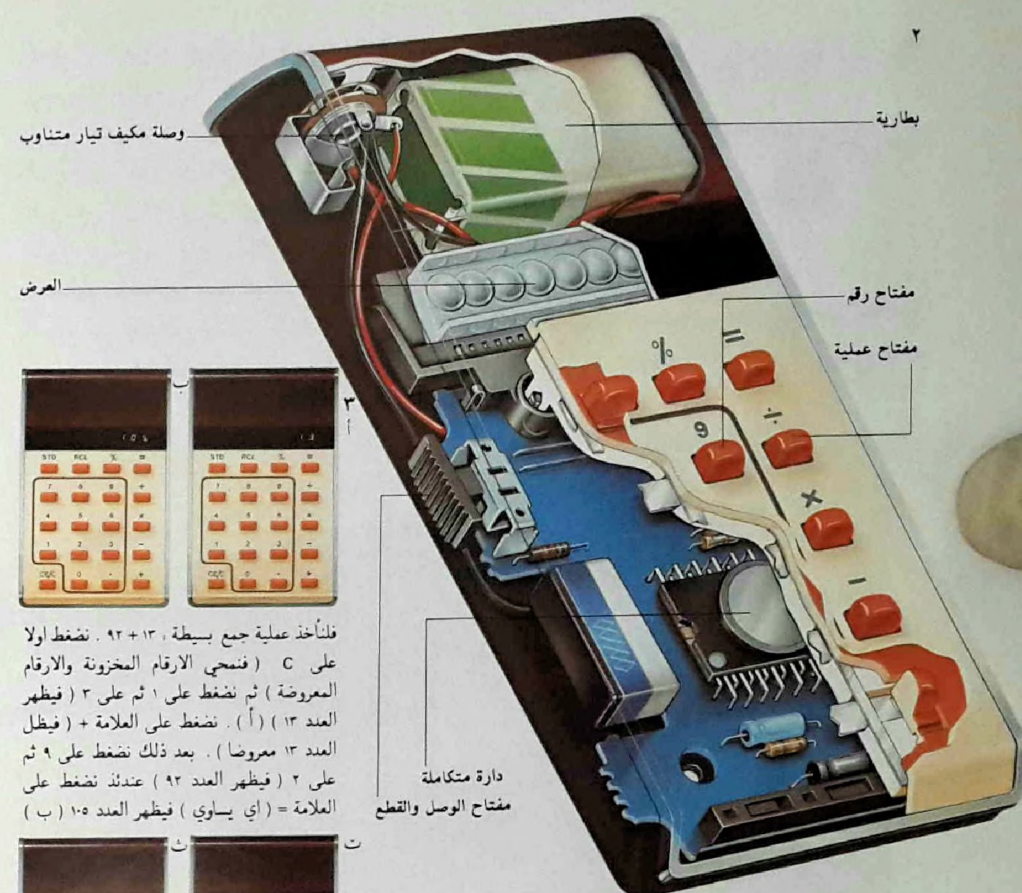
ت



ث



الذي يتطلبه الضرب على الآلة العادية . في آليتها (ث) يكفي ضغط خفيف على مفتاح (٥) ليجعل كامة (٦) تمس اسطوانة ادارة (٧) يمدها بالطاقة محرك ذو سرعة ثابتة (٨) . ترفع الكامة الى فوق والعتلة (٩) المتصلة بها تتحرك الى الوراء وتدفع بالقضيب الطابع (١٠) الى الشريط الذي يعلم الورقة . لا تتوقف قوة الطبع - بعكس الحال في الآلات الكاتبة اليدوية - على ضغط الضاربة على الالة الكهربائية وهذا ما يمكن من الحصول على طباعة منتظمة .



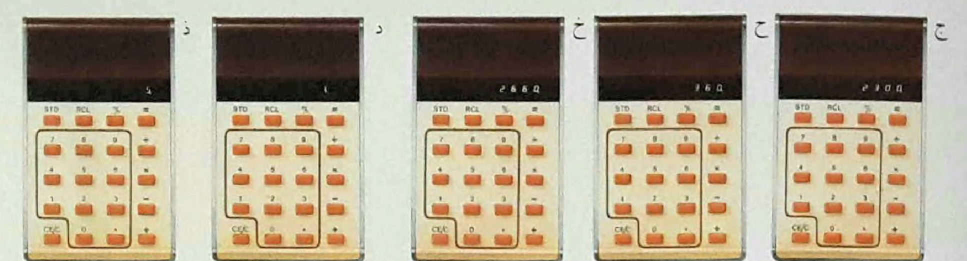
(٢) ـ لا تزن حاسبة الجيب الالكترونية اكثر من ١٢٠ غراما بما فيها البطاريات. صار صنعها ممكنا بفضل تطور الدارات المتكاملة الدقيقة . لهذه الشرائح الدقيقة المبنية في اكثر الاحيان على السليكون مئات الترنزستورات ومركبات الكترونية اخرى بالاضافة الى اسلاك التوصيل المشترك التي تتضمنها كلها صفيحة لا تتعدى سعتها سعة ظفر الانسان . تستعمل الدارات المتكاملة المغلفة في حاسبات الكترونية متضامنة . بالضغط على مفاتيح مختلفة تتم الحسابات بطريقة آلية وتظهر النتيجة على لوحة عرض مضاءة.

(٣) ـ تصبح مجموعة من العمليات الحسابية ممكنة بواسطة الحاسبة الالكترونية التي ترى في الرسوم من أ الى ط . لهذا النموذج ذاكرة ـ فالارقام والنتائج الحاصلة على حسابات جزئية تخزن وتستدعى عند الحاجة اليها . عند الضغط على المفتاح مرة واحدة يتلاشى المدخل الموجود . عند الضغط عليه مرتين تمحى الارقام المعروضة فتصبح الحاسبة جاهزة للقيام بعمليات لاحقة :

فلنأخذ عملية جمع بسيطة ، ١٣ + ٩٢ . نضغط اولا على C (فنمحي الارقام المخزونة والارقام المعروضة) ثم نضغط على ١ ثم على ٣ (فيظهر العدد ١٣) (أ) . نضغط على العلامة + (فيظل العدد ١٣ معروضا) . بعد ذلك نضغط على ٩ ثم على ٢ (فيظهر العدد ٩٢) عندئذ نضغط على العلامة = (اي يساوي) فيظهر العدد ١٠٥ (ب)

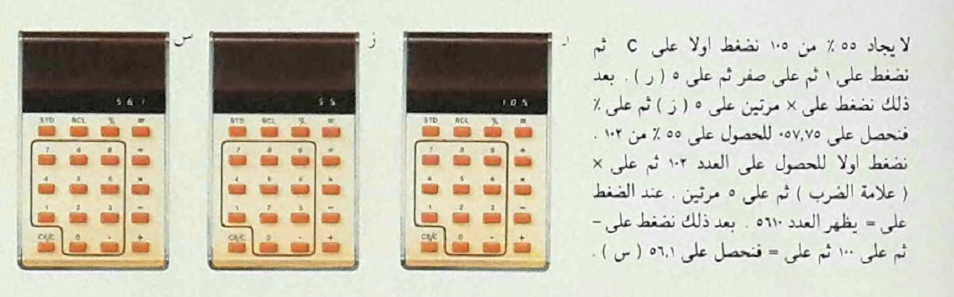
ت ث

لنأخذ الآن عملية الطرح البسيطة التالية، ٣٦٥ − ١٧٦ . نكبس على C لنمحو الارقام المعروضة ثم نضغط على ٣ ثم على ٦ ثم على ٥ فيظهر العدد ٣٦٥ . ثم نضغط على العلامة − (اي ناقص) يظل العدد ٣٦٥ معروضا (ت) ثم نضغط على ١ ثم على ٧ ثم على ٦ (فيظهر العدد ١٧٦) . اخيرا نضغط على العلامة = (يساوي) فيظهر العدد ١٨٩ (ث) وهو الجواب المطلوب .

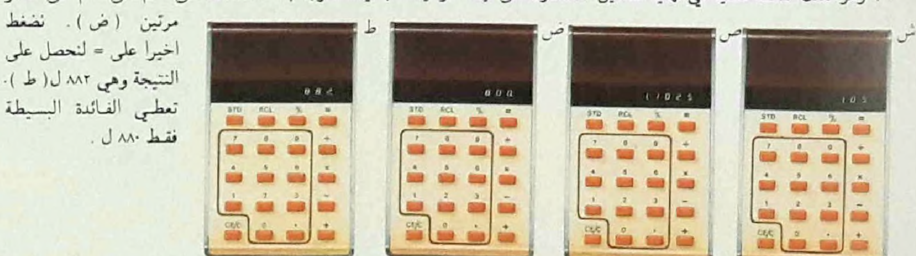


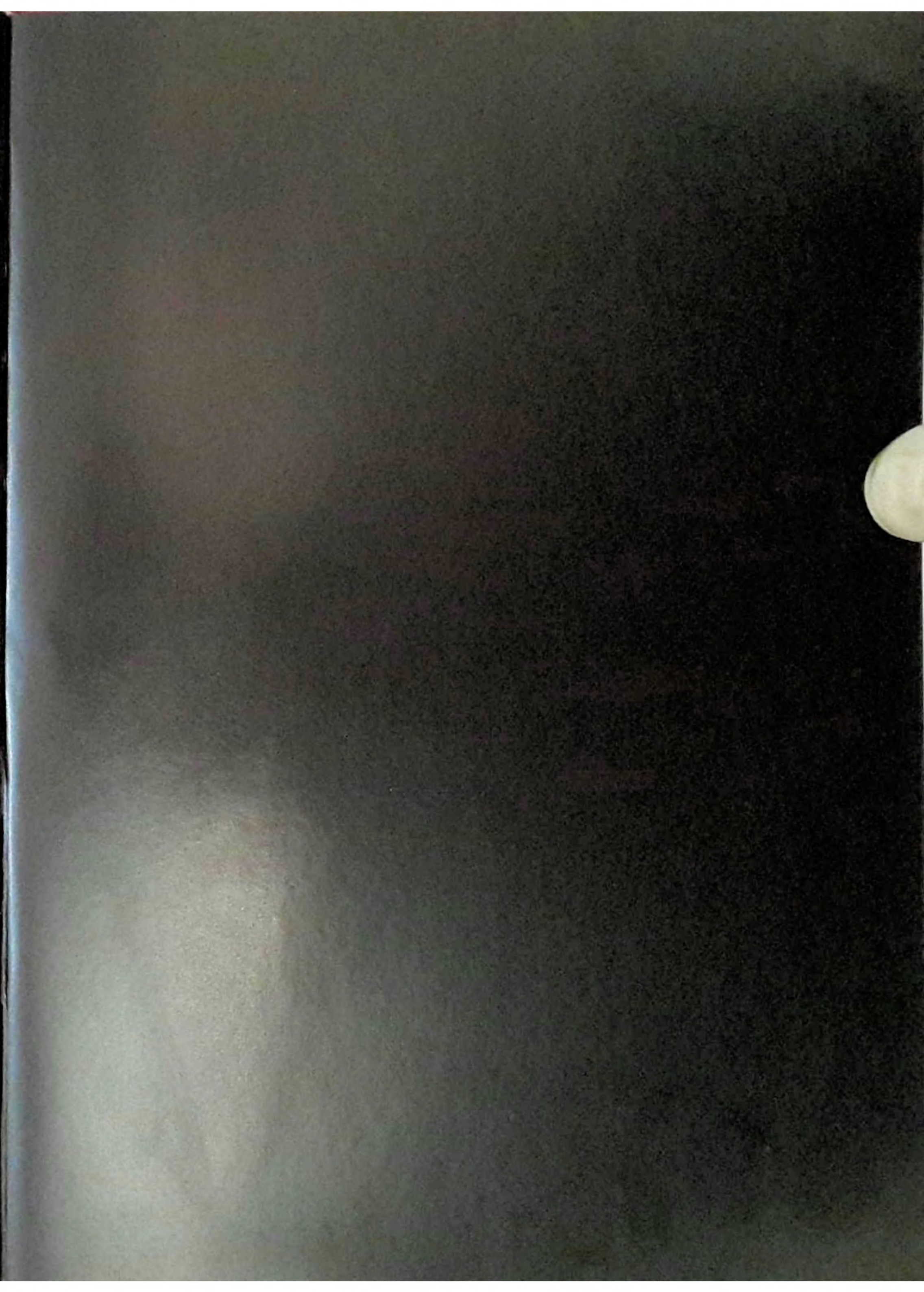
تستخدم سلسلة من العمليات ذاكرة الحاسبة . لحساب (٢٥ × ٩٢) + (٧٢ × ٥) تضغط اولا على C ثم على ٢ ثم على ٥ ونضغط على العلامة × (مضروب بـ) ثم على ٩ ثم على ٢ ثم على العلامة = (يساوي) فيظهر العدد ٢٣٠٠ (ج) . بعد ذلك نضغط على S T D فيخزن العدد في الذاكرة . بعد ذلك نضغط على ٧ ثم على العلامة × ثم على ٥ ثم على = (يظهر العدد ٣٦٠) (ح) . أخيرا نضغط على = ثم على R C L (استدعاء ما في الذاكرة) ثم على = فيظهر العدد ٢٦٦٠ (١) . يمكن ايضا تخزين هذا العدد في ذاكرة الحاسبة فيكون منطلقا لسلسلة لاحقة من عمليات الجمع او الطرح او الضرب او القسمة . الضغط على C مرتين يفرغ ما في الذاكرة . للحاسبة « ثابت » يمكن بواسطته استعمالها كعداد . نضغط اولا على C لمحو الارقام الظاهرة ثم على ١ ثم على + ثم على = فيظهر الرقم ١ (د) فاذا ضغطنا مرارا عدة على + نحصل على ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ الخ ... فمثلا بعد ان نكون قد ضغطنا مرارا على + نحصل على الرقم ٥ (ذ) . ويمكننا ايضا استعمال الثابت لاجراء سلسلة من عمليات الضرب كتحويل سلسلة من القياسات بالانشات مثلا الى سنتيمترات . يستعمل عندئذ عامل التحويل ٢,٤٥ كثابت .

لايجاد ٥٥ ٪ من ١٠٥ نضغط اولا على C ثم نضغط على ١ ثم على صفر ثم على ٥ (ر) . بعد ذلك نضغط على × مرتين على ٥ (ز) ثم على ٪ فنحصل على ٠٥٧,٧٥ للحصول على ٥٥ ٪ من ١٠٢ . نضغط اولا للحصول على العدد ١٠٢ ثم على × (علامة الضرب) ثم على ٥ مرتين . عند الضغط على = يظهر العدد ٥٦١٠ . بعد ذلك نضغط على – ثم على ١٠٠ ثم على = فنحصل على ٥٦,١ (س) .



ماذا تعطي ٨٠٠ ليرة موظفة بفائدة ٥ ٪ على سنتين ؟ نضغط على C ثم على ١ ثم على النقطة العشرين ثم على الصفر ثم على ٥ للحصول على العدد ١,٠٥ (ش) . بعد ذلك نضغط على × (فيصبح العدد ١,٠٥ هو الثابت) . عندئذ نضغط على = للحصول على ١,١٠٢٥ (ص) وهو مربع ١,٠٥ وهو معدل الفائدة الكلية في نهاية السنتين . للحصول على قيمة التوظيف الجديدة نضرب بـ ٨٠٠ فنضغط على × ثم على ٨ ثم على الصفر مرتين (ض) . نضغط اخيرا على = لنحصل على النتيجة وهي ٨٨٢ ل (ط) . تعطي الفائدة البسيطة فقط ٨٨٠ ل .





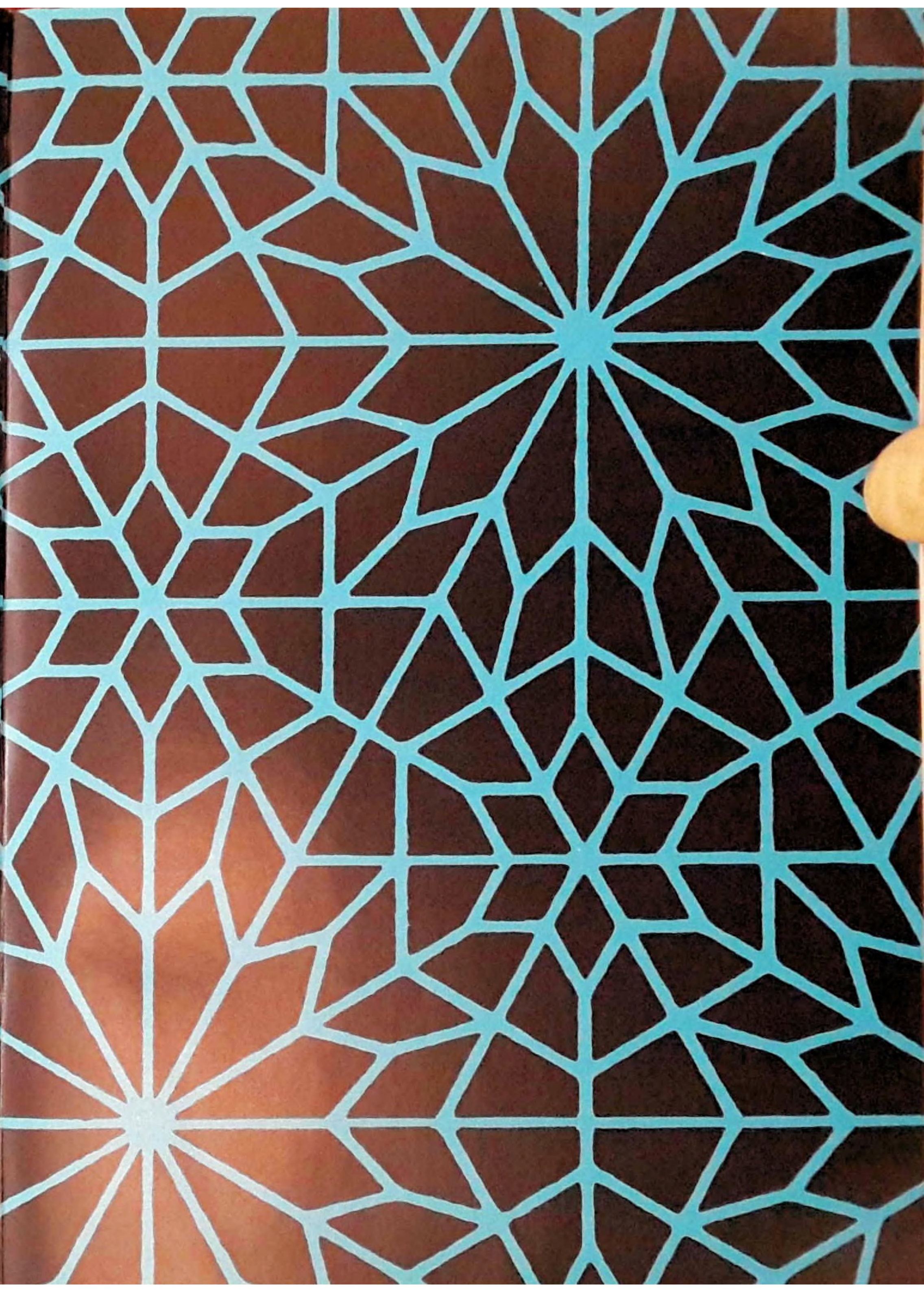
اقرأ أيضًا



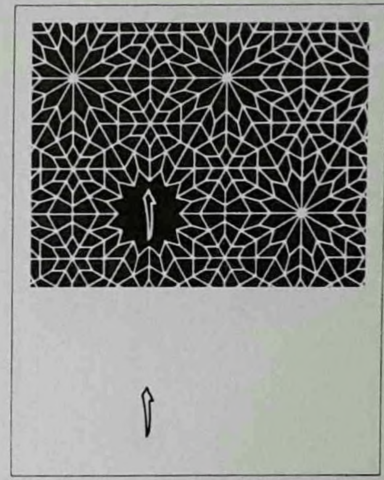
(العنوان الرئيسي يشير إلى الموضوع الذي تدرسه .
اما العناوين الفرعية فهي لاستكمال البحث .)








معجم المصطلحات الفنية



الابتعاث العكسيّ **REVERSE EMISSION**
في الفيزياء: دفع إلكترونيّ من القطب الموجب إلى القطب السالب.

ابتعاث المجال **FIELD EMISSION**
في الهندسة الإلكترونيّة: ابتعاث الإلكترونات من كاثود بارد في مجال مغنطيسيّ.

الإبرة المعطّلة **ASTATIC NEEDEL**
في الفيزياء: مجموعة من إبرتين مغنطيسيّتين أو أكثر مركبّة بحيث لا يكون للمغنطيسيّة الأرضيّة أي أثر في توجيهها.

الأثير **ETHER**
في الكيمياء: سائل سريع الالتهاب يُستخدم كمخدِّر.

الأثيلين **ETHYLENE**
في الكيمياء: غاز ملتهب عديم اللون كريه الرائحة.

أحاديّ اللون **MONOCHROMATIC**
في البصريّات: متعلّق بلون سطح يشعّ ضوءاً له مدى أطوال موجيّة في غاية الضيق.

الاحترار **RECALESCENCE**
في الفيزياء: ذكوّ الإشعاع الحراريّ.

الإحداثيّات **COORDINATES**
في الرياضيّات: خطوط متقاطعة وعموديّة على أخرى عملت لمعرفة الأجزاء بعضها من بعض في شكل ما.
في الجغرافيا: على الكرة الأرضيّة أو على الخرائط الجغرافيّة، هي خطوط متقاطعة - خطوط الطول وخطوط العرض - تمكّن من تحديد موقع نقطة من سطح الأرض.

الأحفور **FOSSIL**
بقايا حيوان أو نبات من عصر جيولوجيّ سالف مستحجرة في أديم الأرض.

الإدبار **BACKING**
في علم الأرصاد الجوّيّة: تحوُّل اتجاه الريح في الاتّجاه المعاكس لحركة عقارب الساعة.

أدياباتيّ **ADIABATIC**
في الكيمياء: كاظم للحرارة أي متعلّق بأيّ تغيُّر لا يرافقه كسب أو خسارة في الحرارة.

الأرخبيل **ARCHIPELAGO**
في الجغرافيا: مجموعة كبيرة من الجزائر.

إرسال متوازٍ **PARALLEL TRANSMISSION**
في المواصلات: إرسال أحرف كلمة على خطوط مختلفة ويتمّ ذلك عادة في وقت واحد بعكس الإرسال المتسلسل.

الأرصاد الجوّيّة **METEOROLOGY**
علم يبحث في الجوّ وظواهره وبخاصّة في الأحوال الجوّيّة والتكهّن بها.

الإرغ **ERG**
في الفيزياء: وحدة من الطاقة أو في نظام السنتيمتر - غرام - ثانية للوحدات يساوي العمل الذي تؤدّيه قوّة مقدارها داين واحد عندما تنتقل النقطة الخاضعة للقوّة سنتيمتراً واحداً باتّجاه هذه القوّة.

الأرغون **ARGON**
عنصر غازيّ نادر رمزه (جو) وعدده الذرّيّ ٨١ ووزنه الذرّي ٣٩,٩٤٨ وكثافته ١,٤١ - ١٨٨°س غراماً في السنتيمتر المكعّب يسيل بدرجة - ١٨٩ . عدد نظائره ٧.

الاستبقائيّة **RETENTIVITY**
في الفيزياء: القدرة على الاحتفاظ بالمغنطيسيّة بعد زوال القوّة المغنِطة.

الاستنزاف **BLEEDING**
في الهندسة: استنزاف جزء من البخار لتسخين مياه التغذية في وحدة بخاريّة.

استقبال مباشر **DIRECT VIEWING**
في التلفيزيون: استقبال تشاهَد فيه الصورة التلفزيونيّة مباشرة دون تضخّم أو انعكاس.

الاستيعاب السمعيّ **AUDITORY PERSPECTIVE**
سماع يمكن معه تحديد موقع الصوت.

الأسطرلاب **ASTROLABE**
في علم الفلك: آلة فلكيّة قديمة لقياس ارتفاع الشمس أو النجوم.

الأسطوانة **CYLINDER**
في الهندسة: شكل تحيط به دائرتان متوازيتان من طرفيه هما قاعدتان يصل بينهما سطح مستدير يُفرض في وسطه خطّ مواز للسطح.

إسفَنج **SPONGE**
حيوان بحريّ من شعبة الإسفنجيّات جسمه متخلخل كثير المسامّ يكون على الصخور في قعر البحار ويُستعمل بعد جفافه لحاجات منزليّة كثيرة.

الإسمنت المسلّح **CONCRETE STEEL**
إسمنت توضع فيه عند الصبّ قضبان من الحديد أو شباك معدنيّة.

الأسيل **ACYL**
في الكيمياء: الشقّ المتبقّى من جزي ء الحامض العضويّ بعد إزالة الهيدروكسيل منه.

الأُشابة **ALLOY**
أيّة من الموادّ الكثيرة ذات الخصائص المعدنيّة والمركّبة من عنصرين أو أكثر، وتكون المركّبات عادة عناصر معدنيّة.

اشتعال انضغاطيّ **COMPRESSION IGNITION**
في الهندسة الميكانيكيّة: اشتعال يحدثه ضغط الهواء في أسطوانة محرّك ذي احتراق داخلي قبل وصول الوقود إليه.

اشتعال ذاتيّ **AUTOIGNITION**
في الميكانيكا: اشتعال تلقائيّ لمزيج من الهواء والوقود في غرفة اشتعال لمحرّك ذي احتراق داخلي.

الإشعاع **RADIATION**
في الفيزياء: خاصّة في الأجسام وهي أن تُطلِق حولها الحرارة التي تجمعت فيها. والإشعاع أيضاً اسم يُطلّق على جميع أصناف التموُّجات التي تنتشر خلالها الطاقة مثل الإشعاع الضوئيّ والإشعاع الذرّي وغيرهما.

إشعاع سرنكوف **CERENKOF RADIATION**
في الفيزياء: ضوء تحدثه الجسيمات المشحونة السائرة عبر جسم شفّاف بسرعة تفوق سرعة الضوء فيه.

الإشعاع النوويّ **NUCLEAR RADIATION**
في الفيزياء النوويّة: تعبير يُستعمل للدلالة على جسيمات ألفا والنيوترونات والإلكترونات والفوتونات والجسيمات الأخرى التي تنبعث من نواة الذرّة نتيجة للانحلال الإشعاعي والتفاعلات النوويّة.

إشعال كهربائيّ **ELECTRIC IGNITION**
إشعال شحنة من بُخار الوقود الممزوج بالهواء في محرِّك ذي احتراق داخليّ بإمرار تيّار كهربائي عالي الفلطيّة بين إلكترودين في غرفة الاحتراق.

أشعّة ألفا **ALPHA RAYS**
في الفيزياء: إشعاع تبثّه الأجسام ذات النشاط الإشعاعيّ مؤلّف من نوى الهليوم المشحونة بالكهرباء الموجبة وقد تصل سرعتها إلى ٢٠٠٠٠ كلم في الثانية.

أشعّة أنوديّة **ANODE RAYS**
في الكهرباء: إيونات موجبة صادرة عن أنود أنبوب إلكترونيّ.

أشعّة بكريل **BECQUEREL RAYS**
في الفيزياء: اسم كان يُطلق على إشعاعات ألفا وبيتا وغما الصادرة عن الموادّ المشعَّة.

أشعّة بيتا **BETA RAYS**
في الفيزياء: دفق من الإلكترونات المتحرِّكة بسرعة فائقة تبثُّها أجسام ذات نشاط إشعاعيّ وتتحوّل الأجسام التي تُقذف بها هذه الجسيمات إلى أشعّة غما.

الأشعّة السينيّة **X RAYS**
في الفيزياء: إشعاعات تشبه النورلكنّها تفوقه توتراً تصدرها الأجسام تحت تأثير الأشعّة الكاثوديّة.

أشعّة غما **GAMMA RAYS**
في الفيزياء: إشعاعات كهرطيسيّة ذات تردّد عال جدّاً ناتجة عن النشاط الإشعاعيّ.

أشعّة كاثوديّة **CATHODE RAYS**

في الكهرباء: دفق من الإلكترونات التي يبثُّها سلك مسخّن في أنبوب أو التي يبثُّها كاثود أنبوب تفريغ غازيّ عندما يُقذف الكاثود بإيونات موجبة

الأشعّة الكونيّة **COSMIC RAYS**

في الفيزياء النوويّة: إلكترونات ونوى ذرّات تصطدم بالأرض من جميع نواحي الفضاء وتكاد سرعتها أن تبلغ سرعة الضوء.

إعداد طباعيّ **MAKE UP**

في فنّ الطباعة: ترتيب الموادّ الطباعيّة المنضّدة في أعمدة أو صفحات قبل طبعها.

الأكتينات **ACTINIDES**

في الكيمياء: العناصر التي يزيد عددها الذرّيّ عن ٨٨.

الأكتينومتر **ACTINOMETER**

في الكيمياء: مقياس شدّة الإشعاع.

أكسيد **OXIDE**

في الكيمياء: مركّب ثنائي يتّحد فيه الأكسيجين مع جسم معدنيّ أو غير معدنيّ.

الألبيت **ALBITE**

في علم المعادن: خام معدنيّ يتركّب عادة من سليكات الصوديوم والألومينيوم.

الإلفة **AFFINITY**

في الكيمياء: قوّة تحمل ذرّات الأجسام المختلفة في طبيعتها على الاتّحاد لتشكّل جسمًا مركّباً.

الإلكتروفور **ELECTROPHORUS**

في الفيزياء: أداة لإحداث الشحنات الكهربائيّة بواسطة الحثّ.

إلكترومتر **ELECTROMETER**

في الهندسة الكهربائيّة: مقياس فرق الجهد الكهربائي الإستاتيّ.

في الفيزياء: جهاز للكشف عن الإشعاعات الضئيلة وقياسها.

الإلكترون **ELECTRON**

دقيقة ذات شحنة كهربائيّة سالبة وهي أحد العناصر المؤلّفة للذرّة.

الإلكترونيّات **ELECTRONICS**

فرع من الفيزياء يبحث في ابتعاث الإلكترونات أو سلوكها أو آثارها في الخواءات والغازات كما يبحث في استخدام الأدوات الإلكترونيّة.

الألكينات **ALKENES**

في الكيمياء العضويّة: فئة المركّبات الهيدروكربونيّة الدهنيّة غير المشبعة.

آلة النقر **PERCUSSION INSTRUMENT**

إحدى الآلات الموسيقيّة التي يُعزف عليها بالنقر.

ألواح الدعم **POLING BOARDS**

في الهندسة المدنيّة: ألواح متقابلة مدسَّرة لدعم جوانب خنادق الحفر.

الأمانة **FIDELITY**

في المواصلات: درجة الدقّة التي يُعيد بها نظام ما في خرجه الصفات الأساسيّة للإشارة التي يتلقّاها في دخله.

الأمانة البالغة **HIGH FIDELITY**

إعادة إصدار الصوت المستقبل في جهاز للراديو بدرجة عالية من الأمانة للأصل.

الأمبير **AMPERE**

في الكهرباء: وحدة لقياس قوّة التيّار الكهربائيّ.

الامتصاص **ABSORBENCY**

في الكيمياء: نفوذ مادّة إلى مادّة أخرى.

أملاح سماديّة **MANURE SALTS**

في الكيمياء: أملاح البوطاس المحتوية على نسبة عالية من الكلورور و٢٠ إلى ٣٠ ٪ من البوطاس وتستعمل كموادّ مخصّبة.

الأمّيتر **AMMETER**

في الهندسة الكهربائيّة: آلة لقياس شدّة التيّار الكهربائيّ.

الأميد **AMID**

في الكيمياء: مركّب ناتج عن إحلال مجموعة حامض عضويّ محل ذرّة هيدروجين في جزيء النشادر.

الأميدول **AMIDOL**

في الكيمياء: ملح متبلّر عديم اللون يُستخدم في تظهير الصور الفوتوغرافيّة.

أنبوب الإنفلات **EXHAUST PIPE**

في الهندسة الميكانيكيّة: أنبوب تعتق منه الغازات المستهلكة في محرّك ذي احتراق داخليّ أو في عنفة غازيّة.

أنبوب حزميّ BEAM TUBE

أنبوب تضبط فيه الإلكترودات لتركيز الإلكترونات المتبعِّثة في حزم ضيّقة.

أُنبوب شعريّ CAPILLARY TUBE

في الهندسة: أُنبوب دقيق إلى درجة أن التجاذب الشعريّ في داخله يصبح واضحاً.

أنبوب نفّاث JET ORIFICE

في هندسة الطيران: أنبوب يوصِّل الغازات المنصرفة إلى فوّهة النفث.

أنبوب النفايات WASTE PIPE

في الهندسة المدنيّة: أنبوب لنقل النفايات من حوض أو صمام أو بالوعة في بناية.

الانتروبيا ENTROPY

في الفيزياء: عامل رياضيّ يُعتبر مقياساً للطاقة غير المستفادة من نظام ديناميّ حراريّ.

الانتقائيّة SELECTIVITY

خاصّيّة في الأداة أو في الدائرة الكهربائيّة تجعلها تستجيب لذبذبات كهربائيّة ذات تردُّد معينٍ.

انحــراف REFRACTION

في الفيزياء: تغيرُّ اتجّاه انتشار أيّة موجة، كالموجات الكهرطيسيّة والموجات الصوتيّة أو الضوئيّة، عند انتقالها من محيط إلى آخر تكون فيه سرعتها مختلفة.

انحــراف DEFLECTION

في الكهرباء: تحوُّل حزمة إلكترونيّة عن مسارها بخطٍّ مستقيم بواسطة مجالٍ إستاتيّ كهربائيّ أو كهرطيسيّ.

الانحراف DEVIATION

انحراف إبرة البوصلة بسبب من المؤثّرات المغنطيسيّة في السفينة أو الطائرة أو انحراف الضوء.

انشطــار FISSION

في الفيزياء النوويّة: انفلاق نواة الذرّة إلى أجزاء متساوية الكتلة وينحصر عادة في النظائر الثقيلة كنظائر اليورانيوم والبلوتونيوم والثوريوم.

الإنصهــار FUSION

في الفيزياء: تغيرّ يحدث في مادّة ينقلها من الحالة الجامدة إلى الحالة السائلة.

الأنفيّة NOSEPIECE

الجزء من المجهر الذي تُعلّق فيه الشريحة الزجاجيّة المراد فحصها.

الأنهيدريد ANHYDRIDE

في الكيمياء: مركّب ناتج عن مركّب آخر بإزالة الماء من هذا الأخير.

الأنود ANODE

في الكهرباء: النهاية الموجبة لخليّة أو لبطّاريّة حاشدة.

الأنيلين ANILINE

سائل زيتيّ سامّ يُستخرج من قطران الفحم ويُستخدم في صنع الأصباغ والعطور.

الأُوفسِت OFFSET

طريقة في الطباعة تُطبع فيها الصور أو السطور المنضّدة على مطّاط طريّ أو مادّة أخرى مماثلة ثم تنقل إلى الورق.

الأوكتـان OCTANE

في الكيمياء: هيدروكربون برافيني في جزيئه ثماني ذرّات من الفحم.

الأوم OHM

في الكهرباء: وحدة المقاومة الكهربائيّة في نظام وحدات المتر - كيلوغرام - ثانية تساوي المقاومة التي يمرّ من خلالها تيّار قوّته أمبير واحد عندما يكون فرق الجهد الكهربائيّ فلطاً واحداً.

أوم صوتيّ ACOUSTIC OHM

في الفيزياء: وحدة الممانعة الصوتيّة.

الإيثان ETHANE

في الكيمياء: هيدروكربون غازيّ عديم اللون والرائحة يكون في الغاز الطبيعيّ ويتّخذ وقوداً.

الأيروبوز AEROPOSE

في الفيزياء: طبقة الجوّ العليا حيث يستحيل الطيران.

أيرو دَين AERODYNE

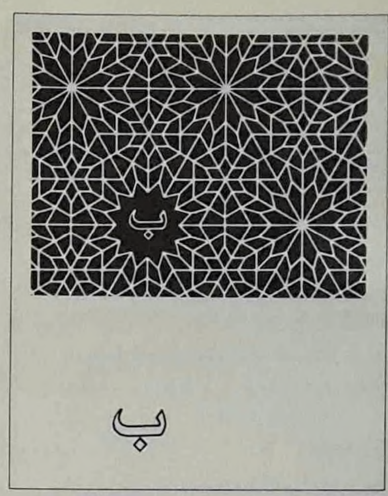
في علم الطيران: طائرة ترتفع بالدفع الميكانيكيّ الهوائيّ.

الإيكوسفير ECOSPHERE

في علم البيئة: طبقة الجوّ الصالحة للكائنات الحيّة.

إيــون ION

في الكيمياء: إلكترون أو بوزيترون معزولان أو ذرَّة أو جزيء اكتسب شحنة كهربائيّة بفقد إلكترون أو أكثر.



البـــار **BAR**

في علم الأرصاد الجوّية: وحدة لقياس الضغط تعادل مليون داين على السنتيمتر المربّع.

البارافين **PARAFFIN**

مادّة دهنيّة تُستخرج من الخشب والفحم الحجريّ والبترول وتُستعمل في صنع الشموع.

الباروغراف **BAROGRAPH**

مرسمة الضغط الجوّيّ، وهي بارومتر مسجِّل يرسم خطّ ارتفاع الطائرة.

البارومتر **BAROMETER**

في الفيزياء: أداة تُستعمل لقياس الضغط الجوّيّ.

الباريوم **BARIUM**

عنصر فلِّزيّ رمزه (با) وعدده الذرّيّ ٥٦ ووزنه الذرِّي ١٣٧,٣٤ وكثافته ٣,٥ غرامات في السنتيمتر المكعّب. ينصهر بدرجة ٧١٠ . عدد نظائره ١٦ .

الباكليت **BAKELITE**

مادّة لدنة تُصنع منها أقلام الحبر والتلفونات ومقابض المظلّات وغيرها.

بـــث **EMISSION**

في الكهرطيسيّة: أيُّ إشعاع للطاقة عن طريق موجات كهرطيسيّة كالبث من جهاز إرسال لاسلكيّ.

بخار التوسيد **CUSHION STEAM**

في الهندسة الميكانيكية: بخار محتبس في أُسطوانة المكبس بعد غلق الصمام العادم.

بديل البطّاريّة **BATTERY ELIMINATOR**

جهاز تحويل راديو البطّاريّة ليعمل على تيّار الإمداد الرئيسيّ.

براءة الاختراع **PATENT**

شهادة تضمن للمخترع طوال مدّة معيَّنة الحقّ المطلق المقصور عليه وحده في تطبيق اختراعه أو استخدامه أو بيعه.

برشام **RIVET**

قضيب معدنيّ قصير له رأس في أحد طرفيه يدخل في ثُقوب أجزاء يُرغب في جمعها ثمّ يُطرَّق طرفه الآخر ليكوِّن رأساً ثانياً.

برمـق **SPOKE**

في الميكانيكا: شعاع الدولاب وهو شعاع يصل بين مركز الدولاب وحتاره.

البرمنغنات **PERMANGANATE**

في الكيمياء: مركَّب متبلِّر أرجوانيّ داكن يُستعمل في التطهير من الجراثيم.

البروتون **PROTON**

في الفيزياء: جسيم أوّليّ يكوِّن عنصراً مقوّماً للمادة وهو ذو شحنة موجبة ويعتبر مع النيوترون حجر الأساس للنوى الذرِّيّة.

البزموت **BISMUTH**

عنصر فلِّزيّ أبيض رمزه (بز) وعدده الذرّي ٨٣ ووزنه الذرّي ٢٠٨,٩٨ وكثافته ٩,٨ غرامات في السنتيمتر المكعّب. ينصهر بدرجة ١٥٦٠ . عدد نظائره ١٢ .

بزُّولان **POZZOLANA**

نوع من الصخور البركانيّة الضاربة إلى الحمرة.

البصريّات **OPTICS**

في الفيزياء: علم يبحث في إحداث الضوء ونقله وكل ما يتعلّق به كما يبحث في الرؤ ية.

بطّاريّة **PILE**

حاشدة المركم، وهي صفيفة أدوات كهربائيّة منسّقة بحيث يصل ظاهر طبقة منها باطن أخرى فيقوّي بعضها بعضاً.

بطّاريّة جافة **DRY BATTERY**

في الكهرباء: بطّاريّة مؤلّفة من سلسلة من الخلايا

المتوازية في غلاف واحد لتأمين حدّ معينً من الفلطيّة.

البعد البؤريّ **FOCAL LENGHT**

في البصريّات: المسافة بين النقطة البؤ ريّة لعدسة أو لمرآة مقعّرة والنقطة الرئيسيّة.

بكـــرة **PULLEY**

في الهندسة: دولاب يدور على محور ويدير حزاماً مسطّحاً لنقل الحركة أو الطاقة.

بكـــرة **REEL**

أسطوانة من خشب أو نحوه يُلَفّ عليها الخيط.

البِـل **BEL**

في الفيزياء: وحدة لقياس منسوب القدرة تساوي عشرة دسيبلات.

بَنتومتر **PANTOMETER**

في الهندسة: أداة لقياس جميع الزوايا الضرورية لتعيين المسافات والارتفاعات.

البنزول **BENZENE**

سائل ملتهب يُستخرج من قطران الفحم ويُستعمل في صنع اللدائن والسكّرين والأسبيرين.

البؤرة **FOCUS**

في البصريّات: النقطة أو المنطقة الضيِّقة التي تتجمّع فيها الأشعة أو التي يبدو أنها تتباعد منها.

بوزيترون **POSITRON**

في الفيزياء: كهيرب موجب الشحنة تساوي شحنته شحنة الإلكترون السالب.

بوليمِر **POLYMER**

في الكيمياء: مركّب مضاعَف الأصل وهو مادّة مؤلّفة من جزيئات ضخمة قوامها اتّحاد جزيئات بسيطة.

بئر أرتوازيّة **ARTESIAN WELL**

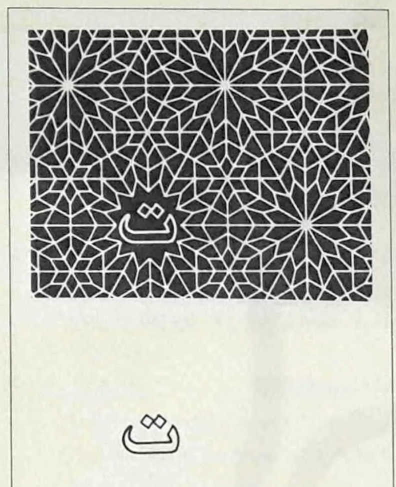
بئر يرتفع منه الماء فوق سطح الأرض.

البيئـــة **ENVIRONMENT**

مجموعة الشروط الخارجيّة والعوامل التي تتأثّر بها حياة الكائنات المعضاة.

البيئة الملائمة **NICHE**

في علم الأحياء: بيئة تتوافر فيها العوامل الضروريّة لوجود متعضٍ أو نوع من الأنواع الأحيائيّة.



تأرُّض عَرضيّ **EARTH FAULT**

في الهندسة الكهربائيّة: تسرُّب الكهرباء إلى الأرض لعطل عارض في الدائرة.

تأزير متراكب **CLINKER**

تراكب ألواح الخشب أو المعدن المؤلّفة لجسم السفينة من الخارج.

التأصُّل **ALLOTROPY**

في الكيمياء: وجود مادّة أو عنصر بشكلين مختلفين أو أكثر.

التأفُّقُ **ADVECTION**

في الفيزياء: انتقال الحرارة في اتّجاه أفقيّ.

تأكسد **OXIDATION**

في الكيمياء: تفاعل كيميائيّ يزيد كميّة الأكسيجين في جسم مركّب.

تأكُل **CORROSION**

في المعدنيّات: تلف تدريجي لمعدن أو لأشابة ناتج عن عمليّات كيميائيّة كالتأكسد أو تحت تأثير عامل كيميائيّ.

التاكومِتر **TACHOMETER**

في الميكانيكا: مقياس سرعة الدوران.

التألُق **PHOSPHORESCENCE**

وميض ينشأ عن امتصاص الإشعاعات ويستمرّ بعد انقطاعها.

تــأيّن IONIZATION
في الكيمياء: عمليّة تكتسب فيها ذرّة أو جزيء محايد إلكترونات أو يفقدانها فيحصلان على شحنة صافية، ويصبح كلّ منهما إيوناً.

تجفيف DRAINAGE
في الهندسة المدنيّة: تصريف المياه السطحيّة بواسطة أقنية أو عن طريق الضخّ.

التحكّم من بعد REMOTE CONTROL
التحكّم بجهاز طائرة أو صاروخ أو سيّارة أو جهاز راديو أو تلفزيون من بعد بواسطة الموجات اللاسلكيّة.

التحليل الكهربائيّ ELECTROLYSIS
في الكيمياء: طريقة تتمّ بها تفاعلات كيميائيّة بعبور تيّار كهربائيّ عبر محلول كهربائيّ أو عبر ملح منصهر.

التحوُّل METAMORPHISM
في الجيولوجيا: تغيُّر في بنية الصخر وبخاصّة تغيُّر شديد ناشىء عن الضغط والحرارة والماء يُفضي إلى حالة أشدّ إحكاماً وتبلُّراً.

التحوُّل التبلُّريّ PARAMORPHISM
تحوُّل نوع من الأنواع المعدنيّة إلى آخر بسبب تغيُّر في البنية التبلُّريّة لا في التركيب الكيميائيّ.

تخـثُّر COAGULATION
في الكيمياء: انفصال أو ترسيب من حالة تشتيت لجسيمات شبه معلقة ناجمة عن نموِّها. وقد يحدث ذلك نتيجة لتسخين طويل المدّة أو إضافة محلول كهربائيّ أو لتفاعل تكثيف بين الذائب والمذيب.

تخفيف DILUTION
في الكيمياء: زيادة نسبة المادّة المذيبة إلى المادّة المذابة وبالتالي تخفيض التركيز في هذه المادّة في وحدة من الحجم.

تداخـل INTERFERENCE
في الفيزياء: ظاهرة ناجمة عن تنظيم الحركات الارتجاجيّة بعضها مع بعض.

التدفئة الإشعاعيّة PANEL HEATING
تدفئة بيت أو حجرة بالحرارة المشعَّة في أجزاء من السقف أو الأرضيّة أو الجدران مزوّدة بموصِّلات كهربائيّة أو أنابيب مياه حارّة.

التدفئة المركزيّة CENTRAL HEATING
في الهندسة المدنيّة: استخدام مصدر واحد للحرارة لتدفئة مجموعة من الغرف أو الأبنية بواسطة نظام من أنابيب التوزيع.

تــرجُح LIBRATION
في الفيزياء: حركة تذبذبيّة دورانيّة كحركة جزيء في جسم صلب ليست له الطاقة الكافية للقيام بدورانات كاملة.

التردُّد FREQUENCY
في الفيزياء: عدد الدورات التي تتمُّها كميّة دوريّة في وحدة زمنيّة.

تُــرس GEAR
في الهندسة الميكانيكيّة: عنصر دائريّ مسنّن في آلة يُستخدم لنقل الحركة بين أعمدة إدارة دوّارة عندما لا تكون المسافة المركزية للأعمدة طويلة.

تركيـب SYNTHESIS
في الكيمياء: أيّة عمليّة أو أي تفاعل يؤديان إلى مركّب معقّد باتّحاد مركّبات أبسط منه أو باتّحاد عناصر.

التركيب الكيميائيّ CHEMOSYNTHESIS
عمليّة يتمّ فيها بناء مواد عضويّة من موادّ أخرى أبسط منها باستعمال طاقة كيميائيّة.

الترموستات THERMOSTAT
أداة تقيس التغيُّرات في درجات الحرارة وتضبط بطريقة مباشرة أو غير مباشرة مصادر الحرارة أو البرودة للحفظ على درجة الحرارة المطلوبة.

الترنزستور TRANSISTOR
أداة إلكترونيّة أصغر من صمام الراديو بكثير تُستخدَم في أجهزة الراديو المستقبلة.

التروبوسفير TROPOSPHERE
الطبقة السفلى من الغلاف الجوِّيّ.

تزامن SYNCHRONISM
في الفيزياء: وضع كمّيّتين دوريّتين لهما تردّد واحد فرق الطور بينهما ثابتاً أو يتغير حول قيمة ثابتة.

التسويط الجافّ DRY PUDDLING
في علم المعادن: التحويل الجافّ لحديد الزهر إلى حديد مطاوع.

تشكُّل ثنائيّ DIMORFISM
في الكيمياء: صفة للجسم المتبلّر بشكلين مختلفين مع الاحتفاظ بتركيبه الكيميائيّ.

تشوُّش DISTURBANCE
في المواصلات: تداخل أو صوت غير مرغوب فيهما

يؤثّران في الإذاعات اللاسلكيّة أو التلفزيونيّة.

التشوُّه **DISTORTION**

في الكهرباء: أيُّ تغيُّرٍ غير مرغوب فيه في شكل موجة إشارة كهربائيّة تمرّ عبر دائرة أو وسيلة نقل أخرى.

تشوُّه المجال المغنطيسيّ **FIELD DISTORTION**

في الكهرطيسيّة: تغيُّر الاتّجاه في مجال كهربائيّ أو مغنطيسيّ وبخاصّة تشوُّه المجالات المغنطيسيّة بين القطب الشماليّ والقطب الجنوبيّ لمولِّد.

تضمين **MODULATION**

في المواصلات: نتيجة العمليّة التي يتغيّر فيها بارامتر موجة ما بالتوافق مع أحد بارامترات موجة أخرى.

التعريض الزمنيّ **TIME EXPOSURE**

تعريض الفلم الفوتوغرافيّ للطاقة الإشعاعيّة فترة معيّنة من الزمن تزيد عادة عن نصف ثانية.

التفجرُّ **JET**

انبثاق الغاز أو الماء أو البخار من فتحة ضيِّقة.

تفريغ كهربائيّ **ELECTRIC DISCHARGE**

انتقال شحنة كهربائيّة من بطّاريّة أو مكثِّف أو جهاز لتخزين الطاقة الكهربائيّة. والتفريغ الكهربائيّ أيضاً هو نسبة دفق مائع في وقت ما معبَّر عنه كحجم في وحدة زمنيّة.

تفلوُر **FLUORESCENCE**

في الفيزياء: بث إشعاع كهرطيسيّ سببه دفق شكل من أشكال الطاقة في داخل الجسم الباثّ ويكون انحلاله عندما يتوقّف التحريض مستقلاً عن الحرارة.

التقاطع المستوي **GRADE CROSSING**

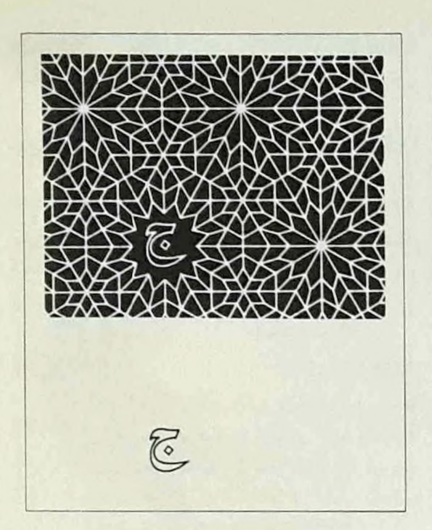
في الهندسة المدنيّة: تقاطع الطرق أو السكك الحديديّة أو تقاطع طريق مع سكّة حديديّة على مستوى واحد.

تقاطع ورقة البرسيم
CLOVERLEAF INTERSECTION

في الهندسة المدنيّة: مفرق تتقاطع فيه الطرق على مستويات مختلفة.

التقزُّح **DISPERSION**

في البصريّات: استحالة الضوء الأبيض إلى الأضواء ذات الألوان المتدرِّجة من الأحمر إلى البنفسجيّ بواسطة موشور من الزجاج.



جائحة **CATACLYSM**

في علم طبقات الأرض: تغيُّر عنيف مفاجىء ناجم عن طوفان أو عن هزّة أرضيّة أو عن إعصار.

جزء الهوائيّ الموصول **DRIVEN ELEMENT**

في الكهرطيسيّة: جزء من الهوائيّ موصول مباشرة بجهاز الاستقبال أو بجهاز الإرسال.

الـجَزع **OPALINE**

ضرب من العقيق يُعرف بخطوط متوازية مستديرة مختلفة الألوان.

الجزيء **MOLECULE**

في الكيمياء: مجموعة من الذرّات المترابطة معاً بقوى كيميائيّة. وقد تكون الذرّات في الجزيء من نوع واحد كما هي الحال في يد٢ وك٢ وك٨ أو مختلفة كما في يد٢ أوك أ٢. والجزيء هو أصغر وحدة من المادّة يمكن أن توجد بذاتها وتتمتّع بجميع الخصائص الكيميائيّة.

الجسيم الذرّي **ATOMIC PARTICLE**

في الفيزياء النوويّة: كلٌّ من الجسيمات التي تتألف منها الذرّة.

الجمد السرمديّ **PERMA FROST**

في الجيولوجيا: طبقة متجمِّدة باستمرار على عمق متفاوت تحت سطح الأرض في المناطق القطبية المتجمِّدة حيث تظلّ الحرارة تحت درجة الصفر لعدّة سنوات.

الـجَملون **GABLE**

الجزء الأعلى لمثلَّث الزوايا من جدار مكتنف بسطحين منحدرين.

جهاز تلقيم **FEEDER**

في الكهرباء: خطّ نقل يُستخدم بين جهاز الإرسال والهوائيّ.

جهاز نزع الماء **DEHYDRATOR**

في الهندسة الكيميائيّة: إناء لنزع السوائل من الغازات أو الأجسام الصلبة باستخدام الحرارة أو موادّ ماصَّة.

الجهد **POTENTIAL**

في الفيزياء: الحال الكهربائيّة لِـموصِّل بالنسبة إلى موصِّل آخر فيكون لموصِّلين جهد واحد إذا وصلا بسلك موصِّل ولم تنتقل أيّة كـمِّيّة كهربائيّة من أحدهما إلى الآخر. أمّا في الحالة المعاكسة فيكون لهما جهدان مختلفان.

الجو **ATMOSPHERE**

غلاف غازيّ يحيط بسيّار أو بجرم سماويّ آخر، كالهواء الذي يحُيط بالأرض.

جول **JOULE**

في الميكانيكا: وحدة طاقة أو شغل في نظام وحدات المتر ـ كيلوغرام ـ ثانية تساوي الشغل الذي تؤمِّنه قوّة مقدارها نيوتن واحد عندما تنتقل النقطة التي تتلقى هذه القوّة مسافة متر باتّـجاهها.

في الكهرباء: الطاقة التي يستنفدها في الثانية تيّار قوّته أمبير واحد يمرّ في سلك مقاومته أوم واحد.

الجوّ المؤيّن **IONOSPHERE**

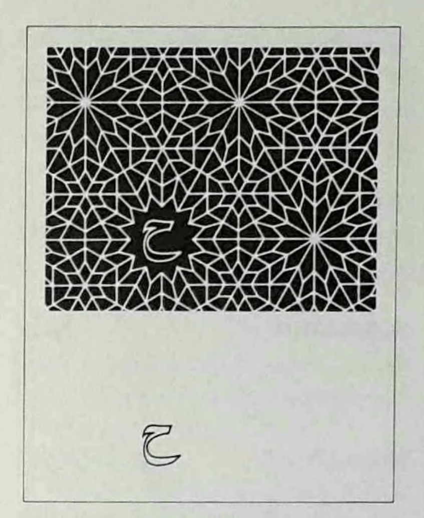
في الجغرافيا الطبيعيّة: الجزء من جوّ الأرض الأعلى الذي تؤيّنه أشعة الشمس فوق البنفسجيّة بما يكفي لجعل تركُز الإلكترونات الحرّة يؤثُر في انتشار الموجات اللاسلكيّة.

الجيروسكوب **GYROSCOPE**

أداة تُستخدم لحفظ توازن الطائرة أو الباخرة أو لتحديد الاتّـجاه.

الجيلاتين **GELATIN**

في الكيمياء العضويّة: بروتين يُستخرج من الجلد والنسيج الضامّ الأبيض وعظام الحيوانات ويستخدم في الأغذية والتصوير الفوتوغرافيّ وصناعة اللدائن والصناعة المعدنيّة وصناعة العقاقير.



الحاسبة **CALCULATOR**

آلة تجري عمليّة حسابيّة وتسجِّل النتائج على بطاقات أو على شريط مثقّب.

حاسبة إلكترونيّة **ELECRONIC CALCULATOR**

حاسبة تستعمل جهازاً إلكترونياً للقيام بعمليّاتها.

حاضنة **INCUBATOR**

في علم الزراعة: جهاز لتفريخ البيض بطريقة اصطناعيّة.

حافظة الفلم **CASSETTE**

وعاء خفيف محكم لحفظ الأفلام والصفائح الفوتوغرافيّة.

في الهندسة الصوتيّة: وعاء صغير يوضع فيه شريط مغنطيسيّ للتسجيل عليه أو لعرض ما تمّ تسجيله.

الحافلة **WAGON**

عربة من عربات نقل البضائع بالسكّة الحديديّة.

حافّة الإدبار **TRAILING EDGE**

في الطيران: الحافّة الخلفيّة لجناح الطائرة أو لريش مروحتها.

الحاكي **PHONOGRAPH**

آلة تنقل الأصوات والألحان المسجّلة على أسطوانات وتعرف بالفونوغراف.

حامض النتريك NITRIC ACID

في الكيمياء: حامض غير عضويّ يُستخدم في صنع الأسمدة والمتفجّرات والأصباغ وغيرها.

حامل الغاز GAS BRACKET

أنبوب الغاز في الحائط يتغذّى منه حارق غازيّ أو أكثر.

الحتار COAMING

حافّة مرتفعة حول فتحة في أرضيّة أو سطح أو ظهر سفينة لمنع تسرُّب المياه إليها.

الحتار RIM

الجزء الخارجيّ من دولاب يكون عادة موصولاً بالقبّ بواسطة أشعّة الدولاب.

الحثّ INDUCTION

في الفيزياء: العمليّة التي بها يستطيع جسم ذو خصائص كهرطيسيّة أن يُحدث خصائص مماثلة في جسم مجاور من غير اتّصال مباشر بينهما.

الحث الذاتيّ SELF INDUCTION

في الكهرطيسيّة: إنتاج فلطيّة في دائرة كهربائيّة بمعدّل تغيير التيّار في هذه الدائرة.

الحجاب القزحيّ IRIS DIAPHRAGM

أداة لتعديل مقدار الضوء النافذ عبر عدسة ما.

حجر جيريّ LIMESTONE

حجر رسوبيّ فيه أكثر من ٩٥٪ من كربونات الكلسيوم.

حجر الدمّ HEMATITE

الهيماتيت وهو خام هامّ من خامات الحديد يكون أحمر اللون حين يُسخّن.

حجر الربط BONDSTONE

في هندسة البناء: حجر يمتدّ خلال جدار تقوية له.

الحجر اللوحيّ FLAGSTONE

في الهندسة المدنيّة: حجر ذو صفائح لرصف الشوارع.

حجرة الطيّار COCKPIT

في هندسة الطيران: الحجرة التي يجلس فيها قائد الطائرة.

حجم معياريّ STANDARD VOLUME

في الكيمياء: حجم وزن جزيئيّ غراميّ من الغاز على درجة حرارة الصفر وضغط ٧٦ سم من الزئبق.

الحرارة النوعيّة SPECIFIC HEAT

في الفيزياء: نسبة كمّية الحرارة الضروريّة لرفع حرارة كتلة مادّة درجة واحدة إلى الحرارة الضروريّة لرفع كتلة معادلة لها لمادّة عياريّة، هي عادة الماء، درجة واحدة.

الحراريّات الكهربائيّة ELECTROTHERMICS

توليد الحرارة من الطاقة الكهربائيّة.

الحركة الدائرية CIRCULAR MOTION

في الميكانيكا: حركة جسيم مادّي في مسار دائريّ.

حركة دوريّة PERIODIC MOTION

في الميكانيكا: حركة تتكرر بدون تغيُّر في فواصل زمنية منتظمة.

حركة الهواء الأفقيّة ADVECTION

حركة الهواء الصاعدة المحدثة تغيّراً في الحرارة.

حزمة BEAM

في الفيزياء: دفق مكثّف من الجسيمات أو من الأشعة الضوئيّة أو من الموجات الكهرطيسيّة أو الصوتيّة.

حصّادة درّاسة COMBINE

في علم الزراعة: آلة تحصد وتفصل الحبّ عن القش.

الحفر الفوتوغرفيّ HELIOGRAVURE

النقش بالتصوير الشمسيّ.

حفظ الطاقة CONSERVATION OF ENERGY

في الفيزياء: مبدأ يقول إن الطاقة لا يمكن خلقها ولا إبادتها بل يمكن نقلها من شكل إلى آخر.

الحقن INJECTION

في الهندسة الميكانيكيّة: إدخال وقود أو وقود وهواء أو وقود ومؤكسِد أو ماء أو أيّة مادّة أخرى في محرّك أو في غرفة احتراق.

الحمل الحراريّ CONVECTION

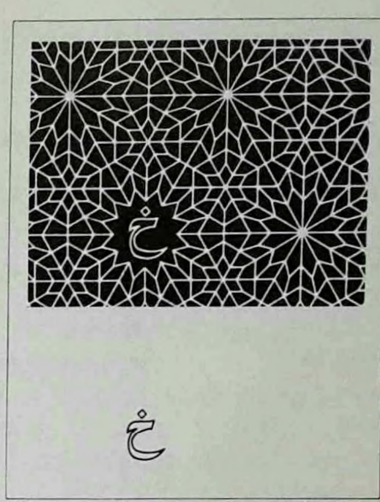
في الفيزياء: إنتقال الحرارة من جزء من السائل أو الغاز إلى جزء آخر. ويتم ذلك عن طريق ارتفاع الماء الحارّ وهبوط الماء البارد في إناء موضوع على النار.

الحمل الساكن DEAD LOAD

حمل غير قابل للتغيير من حيث الموقع أو المقدار كالحمل الناشىء عن ثقل الموادّ المستخدمة في إنشاء السقف أو الجسر.

الحمولة CARGO

ما تحمله السفينة أو الطائرة أو الشاحنة من بضائع.



خام زيوت التزليق LUBE STOCKS
في الكيمياء النفطيّة: أجزاء الخام النفطيّ الصالحة لتحضير زيوت التزليق.

خُبوّ FADING
تغيُّرات في قوّة حقل إشارة لاسلكيّة يكون عادة تدريجياً وسببه تغيُّرات في واسطة الإرسال.

الخريطة البيانيّة CARTOGRAM
خريطة تستخدم الظلال والمنحنيات لكي تظهر، جغرافيًا، إحصاءات من ضروب مختلفة.

خُزام WELD
جنس نباتات عشبيّة حوليّة ومعمَّرة برّيّة وزراعية أزهارها صغيرة القدّ عطريّة الرائحة.

الخسوف ECLIPSE
ذهاب ضوء القمر لتوسُّط الأرض بينه وبين الشمس وقد يكون كلّيًا أو جزئيًا.

الخشبين LIGNIN
مادّة عضويّة تشكِّل مع السلولوز قوام النشيج الخشبيّ في الأشجار.

خضرة الكروم CHROME GREEN
في الكيمياء: صباغ أخضر يحضَّر من أكسيد الكروم.

خطأ بارومتري BAROMETRIC ERROR
في الفيزياء: خطأ في وقت تأرجح البندول من جرّاء تغيُّر الضغط الجوّيّ.

خطّ التحارُر ISOTHERM
خطّ على خريطة يجمع بين جميع النقط ذات الحرارة المتساوية أو الثابتة.

خطّ تساوي الضغط الجوّيّ ISOBAR
خطّ مرسوم على خريطة من خرائط الأحوال الجوّيّة يحدِّد المواطن من سطح الأرض التي يتساوى فيها الضغط الجوّيّ في فترة معيَّنة أو طول فترة بعينها.

خطّ الماء WATERLINE
واحد من عدّة خطوط على جانب السفينة يظهر العمق الذي تبلغه عندما تكون فارغة وعندما تكون محمَّلة جزئيًا أو كلّيًا.

الخطوط المناسيبة CONTOUR LINES
في الجغرافيا: خطوط على خريطة تُظهر جميع النقاط المتساوية الارتفاع فوق سطح البحر.

خطوط الهاتف TELEPHONE LINES
في المواصلات: مجموع الموصِّلات التي تمتدّ بين محطّات المشتركين بالهاتف والسنترال المركزيّ.

خليّة CELL
في الكهرباء: جهاز يحوّل الطاقة الإشعاعيّة إلى طاقة كهربائيّة كالخليّة النوويّة والخليّة الشمسيّة والخليّة الفلطائيّة الضوئيّة.

خليّة البيكرومات BICHROMATE CELL
في الهندسة الكهربائيّة: خليّة أوّليّة قطباها من الزنك والكربون وسائلها محلول من ثاني كرومات البوطاسيوم وحامض الكبريتيك المخفَّف.

خليّة ثاني الكرومات BICHROMATE CELL
في الهندسة الكهربائيّة: خليّة أوّليّة قطباها من الزنك والكربون وسائلها محلول من ثاني كرومات البوطاسيوم وحامض الكبريتيك.

خليّة كهرضوئيّة PHOTOELECTRIC CELL
في الكهرباء: جهاز إلكترونيّ حسّاس للضوء.

خميرة FERMENT
في الكيمياء الحياتيّة: عامل يباشر الاختمار أو العمليّات الأيضيّة الأخرى.

خيزرانيّة JUNK
سفينة شراعيّة صينيّة تمتاز بأن أشرعتها مخيَّطة إلى قضبان أفقية من الخيزران.

د

داسر — **PROPELLER**

في الهندسة الميكانيكيّة: جهاز له شفرات يدور حول جذع لاحداث دفع نافع باتّجاه محور الجذع.

الدافع العنفيّ — **TURBOFAN ENGINE**

في الهندسة الميكانيكيّة: محرِّك طائرة تدير فيه عنفة غازيّة مروحة أو مروحتين.

دائرة كهربائيّة — **ELECTRIC CIRCUIT**

مسلك أو مجموعة من المسالك المترابطة القادرة على نقل التيّار الكهربائيّ.

دائرة مباشرة — **DIRECT CIRCUIT**

في التلغراف: دائرة من محطّة إلى أخرى دون مرحِّل.

دائرة مفتوحة — **OPEN CIRCUIT**

في الكهرباء: دائرة كهربائيّة لم تعد متّصلة فلا تسمح بمرور التيّار.

دَخل — **INPUT**

في الكهرباء: القوّة أو الإشارة التي يُغذّى بها جهاز كهربائيّ أو الكترونيّ.

درّاجة ترادفيّة — **TANDEM**

درّاجة لشخصين ذات مقعدين أحدهما خلف الآخر.

دراسة تركيب المعادن — **METALLOGRAPHY**

دراسة بنية المعادن والأُشابات بوسائل مختلفة وبخاصّة بالمجهر الإلكترونيّ وحيود الأشعّة السينيّة.

درجة الغليان — **BOILING POINT**

درجة الحرارة التي ينتقل عندها جسم سائل إلى الحالة الغازيّة وذلك عندما يكون الجسم صافياً وتحت ضغط محدَّد.

الدُردور — **VORTEX**

موضع في البحر يجيش ماؤه ويدور يخاف فيه الغرق.

دفع نفثيّ — **JET PROPULSION**

في هندسة الطيران: دفع صاروخ أو طائرة بواسطة محرِّك نفّاث.

دفق إلكترونيّ — **ELECTRON FLOW**

في الكهرباء: تيّار تحدثه حركة إلكترونات حرّة باتّجاه نهاية موجبة ويكون هذا الاتّجاه مقابلاً لاتّجاه التيّار.

الدفيئة — **GLASSHOUSE**

في الزراعة: بيت زجاجيّ لزراعة النباتات ووقايتها بتأمين الحرارة الضروريّة لها.

دُهو — **DHOW**

مركب شراعيّ دقيق الحيزوم مرتفع الكوثل مألوف في شواطىء الجزيرة العربيّة وشرقيّ إفريقيا.

دوائر متقارنة — **COUPLED CIRCUITS**

في الكهرباء: دائرتان كهربائيتان أو أكثر منظّمتان بحيث تستطيع الطاقة الانتقال كهربائيّاً أو مغنطيسيّاً من دائرة إلى أخرى.

دورة رباعيّة الأشواط — **FOUR-STROKE CYCLE**

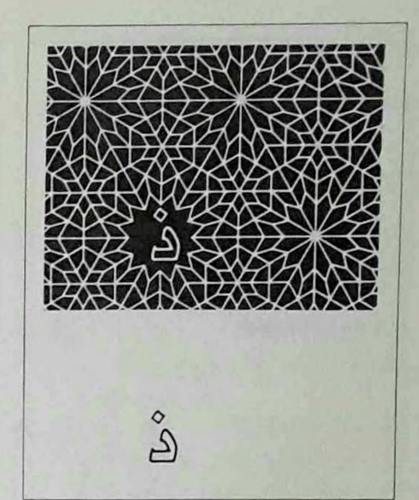
في الهندسة الميكانيكيّة: دورة في محرِّك ذي احتراق داخليّ تتمّ في أربعة أشواط للكبّاس: شوط امتصاص وشوط ضغط وشوط تمدُّد وشوط انفلات.

الدولوميت — **DOLOMITE**

في علم المعادن: كربونات الكلسيوم والمغنيزيوم البلّوريّة.

دون السمعيّ — **INFRASONIC**

في الفيزياء: ما يتعلّق بالإشارات والظاهرات التي تتضمّن تردُّدات دون مدى السمع، وكل ما يتعلّق بالسرعات التي تظلّ دون سرعة الصوت.



ذات الرُبع **QUADRANT**

أداة تُستخدم في الفلك والملاحة لقياس الارتفاع وتتألّف من قوس مقسّم إلى ٩٠ درجة.

ذات سطحين **BIPLANE**

في هندسة الطيران: طائرة لها جناحان على مستويين مختلفين أحدهما فوق جسمها والثاني تحته.

ذبذبة **VIBRATION**

في الميكانيكا: تغيُّر دوريّ متواصل في الإزاحة بالنسبة إلى مرجع ثابت.

الذرّة **ATOM**

في الكيمياء: أصغر جزء من عنصر كيميائيّ يمكن أن يدخل في تفاعل. وتعتبر المادّة اليوم تراكماً من جزيئات الطاقة المكثّفة. وتتكوّن الذرّة من نواة تتألف من نيوترونات وهي جسيمات مادّية عادمة الشحنة ومن بروتونات ذات شحنة موجبة وتدور حول النواة إلكترونات سالبة.

ذرّة محايدة **NEUTRAL ATOM**

في الفيزياء الذرّيّة: ذرّة يكون فيها عدد الإلكترونات التي تحيط بالنواة مساوياً لعدد البروتونات الموجودة فيها بحيث لا توجدشحنة.

ذو القطبين **DIPOLE**

في الكهرطيسيّة: أيّ نظام مشحون بشحنتين متقابلتين في نقطتين أو في قطبين.

ر

ر

الرادار **RADAR**

جهاز مرسِل ولاقط يمكِّن، بفضل انعكاس الموجات الهرتزيّة القصيرة جدّاً، من رؤية الأشياء البعيدة كالسفن والطائرات ونحوها وتحديد مسافاتها واتجاهاتها.

رادار دوبلريّ **DOPPLER RADAR**

رادار لتمييز الأهداف المتحرّكة وتقدير سرعتها.

الرادون **RADON**

عنصر غازيّ مشعّ رمزه (د) وعدده الذرّي ٨٦ ووزنه الذرّي ٢٤٢ وكثافته ٤,٤ يسيل بدرجة -٧١. عدد نظائره ٦.

الراديوم **RADUIM**

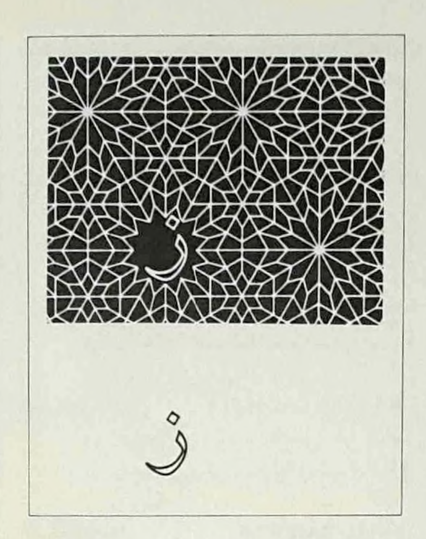
عنصر فلزيّ مشعّ رمزه (ر) وعدده الذرّيّ ٨٨ ووزنه الذرّي ٥ غرامات في السنتيمتر المكعّب ينصهر بدرجة ٧٠٠. عدد نظائره ٨.

الرسم المنظوريّ **PERSPECTIVE**

فن رسم الأشياء بطريقة تُحدث في النفس عين الانطباع، من حيث الأبعاد النسبيّة والحجم، الذي تحدثه هي ذاتها حين يُنظر إليها من نقطة معيَّنة.

الريشة **VANE**

في الهندسة المدنيّة: سطح مستوٍ أو مقوّس معرّض لتدفّق سائلٍ بحيث يتحرّك أو يدور حول محور يُعيد تقنية التدفّق أو يقوم مقام دافع.



الزجاجة الخوائيّة VACUUM BOTTLE
زجاجة بينها وبين الوعاء الذي يحتويها خواء.

الزركونيوم ZIRCONIUM
عنصر فلزيّ رمزه (كن) ووزنه الذرّيّ ٩١,٢٢ وكثافته ٧,١ غرامات في السنتيمتر المكعّب. ينصهر بدرجة ١٨٥٠. عدد نظائره ١٢.

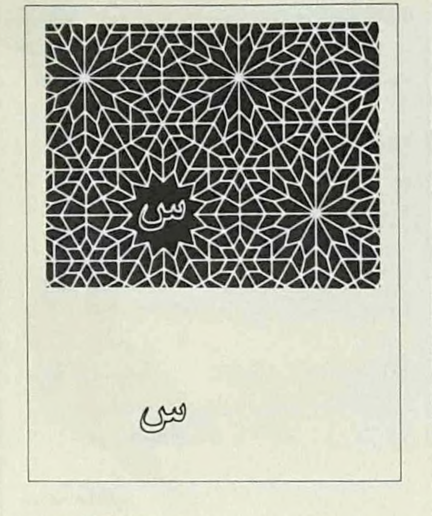
الزرنيخ ARSENIC
عنصر أبيض رمزه (ز) رقمه الذريّ ٣٣ وعدده الذريّ ٧٤,٩٢ وكثافته ٥,٧ غرامات في السنتيمتر المكعّب. ينصهر بدرجة ٨١٧. عدد نظائره ١١.

زلزال EARTHQUAKE
سلسلة مفاجئة من الموجات المطّاطة تحدث في الأرض على أعماق تصل إلى حوالى ٧٠٠ كلم وتهزّ سطحها فتحدث عليه خراباً.

الزموهة DEHYDRATION
في الكيمياء: إزالة الماء أو عنصريه من مركّب كيميائيّ.

زنـاد TRIGGER
أداة في البندقيّة تدقّ الكبسولة فتشتعل فيتفجّر البارود.

زنبرك SPRING
شريط من الفولاذ طويل مقوّس يُلفّ على محور الساعة ونحوها فإذا انبسط حرّك دواليبها.



سبر بالصدى ECHO SOUNDING
في الهندسة: تقدير عمق الماء بقياس الوقت الذي تستغرقه إشارة صوتية أو فوقصوتيّة للوصول إلى قاع الماء وعودة صداها.

سجلّ الطائرة AIR LOG
عدّاد يقيس المسافة التي تقطعها الطائرة بالنسبة للهواء.

سحابة إلكترونيّة ELECTRON CLOUD
مجموعة الإلكترونات حول نواة الذرّة.

سحّاحة BURET
في الكيمياء: أنبوب زجاجيّ مدرَّج يُستخدم لقياس كمّيات معيّنة من سائل.

سحب الذيل TAIL DRAG
في الطيران: مقاومة حركة الذيل أثناء اندفاع الطائرة.

السَّداة WARP
ما مُدَّ من خيوط النسيج طولاً وهو خلاف اللحمة التي تنسج عرضاً.

سدّ الإنضاب COFFERDAM
في الهندسة المدنيّة: سدّ يُقام لتمكين العمّال من إقامة أساس جسر في نهر.

سدّ ذو بوّابة SLUICE
في الهندسة المدنيّة: ممرّ مجهّز ببوّابة منزلقة أوصمام لضبط مرور الماء في قناة أو في هويس.

السُّدس والسُّدسيّة SEXTANT
آلة بصريّة ذات مقياس مدرَّج على شكل قوس دائريّة طولها سدس محيط الدائرة تُقاس بها الأبعاد الزاويّة.

سدٌّ مقوّس ARCH DAM
في الهندسة المدنيّة: سدّ له وجه مقوّس في اتّجاه مجرى النهر ويكون فيه التقوّس قريباً من أسطوانة محورها عموديّ.

السرعة الديناميّة الهوائيّة AIRSPEED
سرعة الطائرة بالنسبة إلى الهواء تمييزاً لها من سرعتها بالنسبة إلى الأرض.

سرعة فوقسمعيّة HYPERSONIC SPEED
في هندسة الطيران: سرعة جسم طائرة تفوق حوالي خمسة أضعاف سرعة الصوت في الغاز الذي يتحرّك فيه هذا الجسم.

سرعة مكافئيّة
PARABOLIC VOLOCITY
في علم الفلك: سرعة لتحويل مدار الجسم الإهليلجيّ إلى مدار مكافئيّ.

السطح الإنسيابيّ الحامل AIRFOIL
كل سطح كالجناح أو الجنيّح معدّ للمساعدة على رفع الطائرة أو ضبط حركتها عن طريق الاستفادة من تيّار الهواء الذي تندفع عبره.

سطح مائل INCLINED PLANE
في الميكانيكا: سطح مستوٍ يشكّل زاوية بالنسبة إلى خطّ مرجعيّ.

السطوع BRICHTNESS
في البصريّات: صفة الضوء الذي يعطي إحساساً بصرياً لقليل أو لكثير من النور.

السُّطوع WOMP
ازدياد مفاجىء في إضاءة الشاشة التلفزيونيّة عند تعاظم مفاجىء في قوّة الإرسال.

السُعر الألفيّ KILOCALORIE
في الفيزياء: مقدار الحرارة الضروري لرفع حرارة كيلوغرام من الماء درجة مئويّة واحدة.

السِّعرة CALORIE
في الفيزياء: وحدة من الطاقة تعادل الحرارة الضروريّة لرفع حرارة غرام من الماء من ١٤،٥° إلى ١٥،٥° سنتيغراد في ضغط ثابت يبلغ ضغط كيلوغرام واحد في السنتيمتر المربّع.

سعة CAPACITANCE
في الكهرباء: نسبة الشحنة في أحد موصّلي مكثّف (ويكون في الموصّل الآخر شحنة معادلة وباتّجاه معاكس) إلى فرق الجهد بين الموصّلين.

سعة حراريّة HEAT CAPACITY
في الفيزياء: كمّيّة الحرارة الضروريّة لرفع حرارة نظام ما درجة واحدة بطريقة معيّنة ويكون ذلك عادة في حالة ثابتة في الضغط والحجم.

سعة الدائرة CIRCUIT CAPACITY
في المواصلات: عدد أقنية المخابرات التي تستطيع دائرة معيّنة تأمينها في آن واحد.

سعة دائرة النقل CHANNEL CAPACITY
في المواصلات: العدد الأقصى من عناصر المعلومات التي يمكن معالجتها في قناة خاصّة في وحدة زمنيّة.

السكّة المعلّقة AERIAL RAILWAY
شريط أو سلك يُمَدّ من نقطة إلى أخرى عبر الأنهار أو الأوديّة لنقل الأثقال.

سَكُونة SCHOONER
سفينة سريعة بصاريين وأشرعة مربّعة تُستعمل لصيد الأسماك.

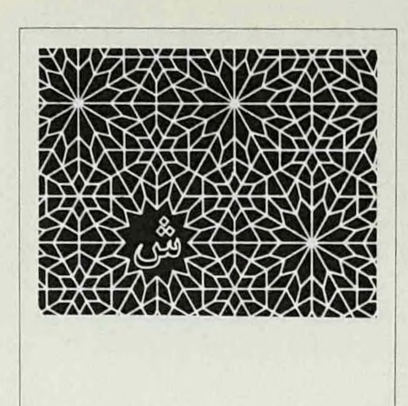
السلك المغنطيسيّ MAGNETIC WIRE
سلك رفيع للتسجيل المغنطيسيّ.

سُلَّم LADDER
مرقاة، غالباً ما تكون نقّالة، مؤلّفة من جانبين متوازيين تصل بينهما عوارض تقع عليها الأقدام للصعود أو للنزول.

السور البحريّ SEA WALL
حاجز يُقام لصدّ الأمواج عن الشاطىء أو لحماية التربة من التآكل والتعرية.

السونار SONAR
في الهندسة: جهاز يستخدم الأصوات ذات الترددات السمعيّة أو فوق السمعية تحت الماء لاكتشاف الحواجز في البحر وتحديد مواقعها.

السيكلوترون CYCLOTRON
في الفيزياء النوويّة: مسارع تسرَّع فيه جسيمات مشحونة على التوالي بواسطة مجال كهربائيّ متناوب ثابت التردُّد يتزامن مع حركة الجسيمات في مدارات لولبيّة في مجال مغنطيسيّ ثابت ومعامد لمسارها.



ش

شبه فِلِز METALLOID
في الكيمياء: عنصر لا معدنيّ كالكربون أو الأزوت يمكن مزجه مع معدن للحصول على أشابة.

الشُبيكة RETICLE
شبكة خطوط أو نقط في عينيّة الآلة البصريّة كالتلسكوب وغيره.

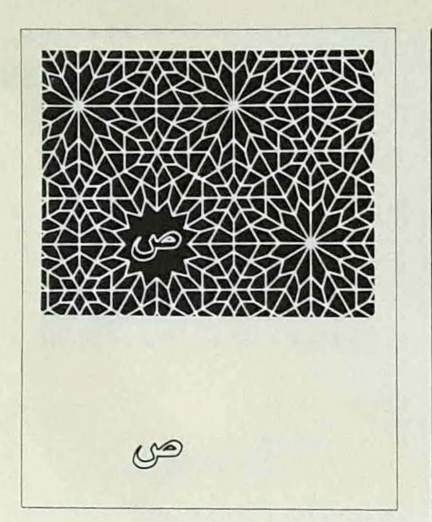
الشحم النباتيّ VEGETABLE TALLOW
مادّة شحميّة نباتيّة الأصل تُستخدم في صنع الشموع والصابون وفي التزييت أو التشحيم.

الشدّة INTENSITY
في الفيزياء: قوّة المبلغ أو الكمّيّة للتيّار الكهربائيّة أو للتمغنط أو للإشعاع أو للنشاط الإشعاعيّ.

شرارة SPARK
في الكهرباء: تفريغ كهربائي قصير المدى سببه انقطاع مفاجىء للهواء أو عطل في عازل كهربائيّ ينتج عنهما ومض ضوئيّ.

شريحة ملوّنة COLOUR TRANSPARENCY
في التصوير الفوتوغرافيّ: شريحة فلم تحمل صورة ملوّنة.

الشريحة المنزلقة SLIDE
شريحة زجاجيّة تستخدم في الاختبار المجهريّ وفي الفوانيس السحريّة.



الصابونيّة المخزنيّة SOAPWORT
نبات تحتوي أوراقه وجذوره على عصارة تُستخدم بدلاً من الصابون.

صاروخ ROCKET
في هندسة الطيران: أداة ذات دفع نفّاث قادرة على العمل مستقلّة في الجوّ.

صحن مكافىء المقطع PARABOLIC DISH
في الفيزياء الفلكيّة: صحن راداريّ يولّد الاشارات ويعكسها إلى الفضاء الخارجيّ.

صفرة الكروم CHROME YELLOW
في الكيمياء: صباغ أصفر يُحضَّر من كرومات الرصاص.

الصفر المطلق ABSOLUTE ZERO
في الفيزياء: درجة الحرارة البالغة ـ ١٦ ,٢٧٣° سنتيغراد التي تتلاشى عندها الحركة الجزيئيّة ويفقد الجسم طاقته الحراريّة.

صفيحة PLATE
قطعة مسطّحة من معدن لها سماكة اصطلاحيّة وعرض يعود إلى نوع المعدن.

الصلصال الصينيّ KAOLIN
الكاولين، وهو صلصال نقيّ، أبيض عادة، يُستعمل في صناعة الخزف الصينيّ.

صمام الانفلات EXHAUST VALVE
في الهندسة الميكانيكيّة: صمام في أسطوانة

محرِّك ذي احتراق داخليّ يضبط تفريغ الغازات المستهلكة.

صمام ثنائيّ **DIODE**

في الكهرباء: أنبوب إلكترونيّ بإلكترودين يحتوي على أنود وعلى كاثود.

صمام خانق **TROTTEL VALVE**

في الهندسة الميكانيكيّة: جهاز سادّ ينظّم عبور سائل في أنبوب من مضخّة أو ما أشبه إلى محرِّك أو إلى عنفة.

صمام خانق ذو قرص **BUTTERFLY VALVE**

شرّاقة تسمح بمرور التيّار في اتّجاه واحد.

صمام خنق **CHOKE VALVE**

في الميكانيكا: صمام يؤمّن أكثر ما يمكن من الامتصاص الضروريّ لإعطاء المزيد من الوقود عند إطلاق محرِّك ذي احتراق داخليّ ما يزال بارداً.

صمام دلويّ **BUCKET VALVE**

في الهندسة: صمام لا رجعيّ في مكبس بعض المضخّات الترُّدديّة.

صمام سفليّ **FOOT VALVE**

في الهندسة الميكانيكيّة: صمام في أسفل أنبوب ماصّ أو مضخّة يحول دون رجوع الماء إلى الوراء.

صمام كبّاسيّ **PISTON VALVE**

في الهندسة الميكانيكيّة: صمام منزلق في محرِّك بخاريّ أسطوانيّ الشكل لدخول البخار أو لتفريغه.

الصّمام الكرويّ **BALL VALVE**

في الميكانيكا: صمام تتحكّم به كرة ترتفع بضغط السوائل من تحتها وتهبط بفعل الجاذبيّة.

صمام الهواء **AIR VALVE**

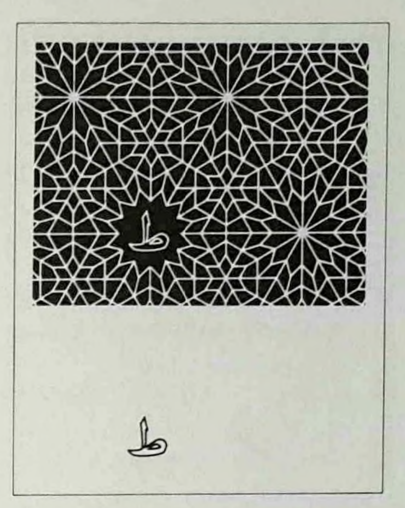
صمام يجعل الهواء يدخل أنبوباً فيه سائل أو يخرج منه عندما يهبط الضغط الداخليّ إلى ما دون الضغط الجوّيّ.

الصندوق المصوِّت **SOUND BOX**

جزء من ذراع الفوتوغراف تثبَّت فيه الإبرة التي تتحرّك فوق الأسطوانة.

الصوَر المؤلفة **COMPOSITE PHOTOGRAPH**

في التصوير الفوتوغرافيّ: صورة تُؤخذ عن طريق الجمع بين صورتين مستقلّتين أو أكثر.



طابعة دوّارة **ROTARY PRESS**

طابعة تستخدم أسطوانتين إحداهما تحمل الورقة والثانية تطبعها.

طابعة عن بعد **TELEWRITER**

في المواصلات: نظام تسبِّب فيه حركة الكتابة في الجهاز المرسل حركة مطابقة في آلة كاتبة في جهاز الاستقبال.

طافية **BUOY**

عوّامة توضع على سطح الماء في البحر لارشاد السفن.

الطاقة الحركيّة **KINETIC ENERGY**

في الميكانيكا: طاقة جسم ناتجة عن حركته. تساوي في الميكانيكا الكلاسيكيّة نصف كتلة الجسم مضروباً بمربّع سرعته.

الطاقة الشمسيّة **SOLAR ENERGY**

في الفيزياء الفلكيّة: الطاقة التي تبثها الشمس تحت شكل إشعاع كهرطيسيّ.

الطاقة الضوئيّة **LUMINOUS ENERGY**

في البصريّات: الطاقة المشعّة الكلّيّة التي يبثّها مصدر تقاس، بالنسبة إلى قدرتها على إحداث إحساس بصريّ، بمقياس اللومن - ساعة أو اللومن - ثانية.

الطاقة الكهربائيّة **ELECTRIC ENERGY**

في الكهرطيسيّة: طاقة شحنات كهربائيّة بفضل

وضعها في مجال كهربائيّ أو في مجال مغنطيسيّ.

الطاقة النوويّة **NUCLEAR ENERGY**
الطاقة الناجمة عن انفلات أو عن انصهار نوويّ.

الطائرة التجارية **SKYCOACH**
طائرة لنقل البضائع يعوزها الكثير من أسباب الرفاهية والخدمات التي تؤمّنها طائرات الركّاب.

طائرة ترادفيّة **TANDEM AIRPLANE**
طائرة ذات مجموعتين أو أكثر من الأجنحة المترادفة.

طائرة نفّاثة **JET AIRCRAFT**
في هندسة الطيران: طائرة مجهزة بمحرّك نفّاث أو بمحرّكات نفّاثة.

طباشير **CHALK**
مادّة جيريّة بيضاء قليلة الصلابة.

الطباعة الحجريّة **LITHOGRAPHY**
عمليّة طباعيّة يُرسم فيها ما يُراد طبعه بحبر زيتيّ أو قلم حجريّ على حجر أملس ومسطّح.

طبع مزدوج **DOUBLE PRINTING**
في السينما: طبع لتظهير صورتين سالبتين على صورة واحدة.

طبقة أبلتون **APELTON LAYER**
في اللاسلكيّ: طبقة جوّيّة متأيّنة تعكس الموجات اللاسلكيّة.

الطربيد **TORPEDO**
قذيفة ذاتيّة الانطلاق لنسف سفن العدوّ أو غوّاصاته.

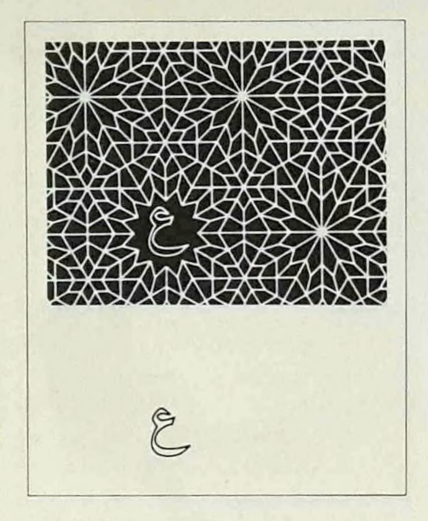
الطربيد الطائر **AERIAL TORPEDO**
قنبلة ضخمة مجنّحة.

طروق **MALLEABLE**
جسم يمكن إعطاؤه بالطرق أشكالاً مختلفة دون كسره.

الطريق التجاريّة **TRADE ROUTE**
طريق للقوافل أو للسفن التجاريّة.

طريق السرعة **SPEEDWAY**
طريق يُسمح فيها بالإسراع في قيادة السيّارة.

الطريق العلويّة **SKYWAY**
في الهندسة المدنيّة: طريق مرفوعة على أعمدة فوق سطح الأرض.



ع

العازل **INSULATOR**
في الفيزياء: الوسط الذي لا يمتدّ فيه تأثير الحرارة أو الكهرباء.

عجلة اليد **WHEELBAROW**
عربة يد بذراعين ودولاب واحد.

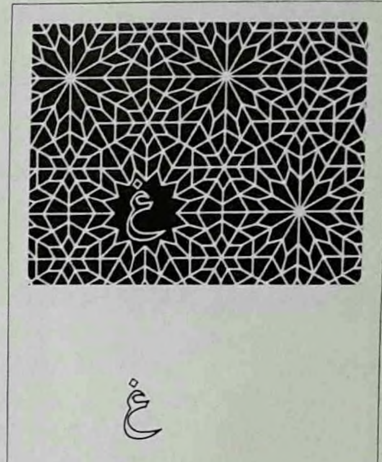
العدّاد **GAUGE**
جهاز آليّ لقياس المسافات أو السرعة أو عدد الحركات والأعمال المنجزة في وقت معيّن أو الكمّيات المستهلكة من الماء أو الكهرباء أو الوقود وغير ذلك.

العدسة **LENS**
في الفيزياء: قطعة من مادّة شفّافة كالزجاج تدخل في آلات التصوير والآلات البصريّة المختلفة وهي على أنواع.

العضادة **ALIDADE**
في علم المساحة: ذراع متحرّكة في أداة المسح أو الرصد.

عطارد **MERCURY**
في علم الفلك: أحد سيّارات النظام الشمسيّ وهو أقربها إلى الشمس يُتمّ دورته حولها في ٨٨ يوماً.

عِظلِم **WOAD**
في علم النبات: نبات خشبيّ زراعيّ يُستخرج من أوراقه صبغ أزرق.



غ

غشاء **DIAPHRAGM**

في الفيزياء: صفيحة رقيقة ومرنة تتذبذب تحت تأثير الموجات الصوتيّة، كما هي الحال في المذياع، أو تحدث صوتاً عند تذبذبها كما هي الحال في مكبِّر الصوت.

غشاء مستقطِب **POLAROID**

في البصريّات: مادّة صفحيّة تُحدث ضوءاً مستوياً مستقطباً.

غطاء متحرِّك **SHUTTER**

في البصريّات: جهاز آليّ يقطع حزمة ضوئيّة بالانفتاح والانغلاق بنسب مختلفة من السرعة لتعريض فلم أو ما أشبه ويُستعمل في الكميرات وآلات العرض السينمائيّ.

غلاّية **KETTEL**

قدر تصهر فيها بعض المعادن ذات درجات الانصهار المنخفضة.

الغَلفانومتر **GALVANOMETER**

في الفيزياء: المقياس الغلفانيّ، وهو آلة لقياس شدّة التيّارات الكهربائيّة الخفيفة عن طريق ملاحظة إبرة ممغنطة أو إطار موصِّل متحرِّك بين ذراعي مغنطيس.

غير شفّاف **OPAQUE**

في البصريّات: صفة جسم لا تخترقه الأشعّة الضوئيّة.



ف

الفاراد **FARAD**

في الكهرباء: وحدة سعة في نظام المتر ـ كيلوغرام ـ ثانية تعادل سعة مكثّف له فرق جهد بين صفيحتيه يساوي فلطاً واحداً عندما تساوي الشحنة في إحدى الصفيحتين كولوماً واحداً وتكون في الصفيحة الأُخرى سنحة معادلة ومقابلة.

الفارادي **FARADAY**

في الكهرباء: وحدة الكمّيّة الكهربائيّة الضروريّة لتحرير مكافيء غراميّ من مادّة ما بواسطة التحليل الكهربائيّ وهي تساوي اختباريّاً ٩٦,٤٨٧ ± ١,٦ كولوم.

فترة الإنضاج **CURING PERIOD**

في الهندسة المدنيّة: المدّة اللازمة لترطيب الإسمنت بالماء منعاً لتشقُّقه.

الفتيل البطيء **SLOW MATCH**

فتيل يستعمل للتفجير ويشتعل ببطء شديد.

فتيلة **FILAMENT**

في الكهرباء: سلك أو شريط معدنيّ يصبح متوهّجاً في مصباح فيحدث ضوءاً عند مرور تيار كهربائيّ فيه.

فرّازة دوّاميّة **CYCLONE SEPARATOR**

في هندسة البترول: أداة تفرز جسيمات المادّة الحفّازة في جهاز التجزئة.

ق

قادوس صبّ الإسمنت تحت الماء **TREMIE**
في الهندسة : جهاز مؤلّف من أنبوب ضخم له صندوق قبعيّ الشكل في فوّهته وصمام في قاعدته المغموسة في الماء .

قاطع التيّار **INTERRUPTER**
في الكهرباء : جهاز كهربائيّ أو إلكترونيّ أو ميكانيكيّ يقطع دوريّاً تيّاراً مطّرداً لإحداث نبضات .

قاطع الدائرة **CIRCUIT BREADER**
في الكهرباء : جهاز كهرطيسيّ لقطع الدائرة الكهربائيّة بصورة آليّة عندما يتعدّى التيّار قيمة معيّنة .

قاطع متناوب **CHOPPER**
في الهندسة : سكّين أو محور أو جهاز ميكانيكيّ لتقطيع شيء ما إلى أجزاء .

قاعدة أمبير **AMPERE'S RULE**
في الهندسة الكهربائيّة : قاعدة لتعيين اتّجاه التيّار الكهربائيّ في ملفّ حلزونيّ .

قاعدة الدواليب **WHEELBASE**
قاعدة الدواليب : المسافة بين محوري العجلتين الأماميّتين والخلفيّتين .

قدرة حصانيّة متريّة **METRIC-HORSE POWER**
في الهندسة : وحدة قدرة تعادم ٧٥ كيلوغرام متراً في الثانية .

القذيفة الخطّاطة **RACER**
رصاصة تحتوي على مركّب كيميائيّ لتبيين خط إطلاق القذيفة بواسطة ذيل من دخان أو خطّ ملوّن بالأحمر .

قذيفة شظايا **CANISTER**
في المعدّات الحربيّة : قذيفة خاصّة قصيرة المدى تُستعمل ضدّ الأشخاص ومصمّمة لتُطلق من بندقيّة محزّزة .

قرارة محترقة **BURNT DEPOSIT**
في الهندسة الكهربائيّة : ترسُّب معدنيّ سائب سببه زيادة التيّار في التصفيح الكهربائيّ .

قرص البوصلة **COMPASS CARD**
قرص إبرة الملّاحين الدائريّ الذي تظهر عليه أقسام الجهات الإثنان والثلاثون ودرجات الدائرة الثلاثمئة والستّون .

قرص المسح الآليّ **APERTURED DISC**
في التلفيزيون : قرص دوّار ذو فتحات متماثلة حلزونيّة التوزيع .

قضيب مغنطيسيّ **BAR MAGNET**
في الكهرطيسيّة ؛ قضيب من الفولاذ تعرّض لمغنطة قويّة واحتفظ بها فأصبح مغنطيساً دائماً .

القطع الناقص **ELLIPSE**
في الرياضيّات : منحنٍ مسطّح مغلق له محورا تناظر ومجموع مسافتي كلّ نقطة من نقطة إلى نقطتين تسمّيان المحورين ثابت بدورة .

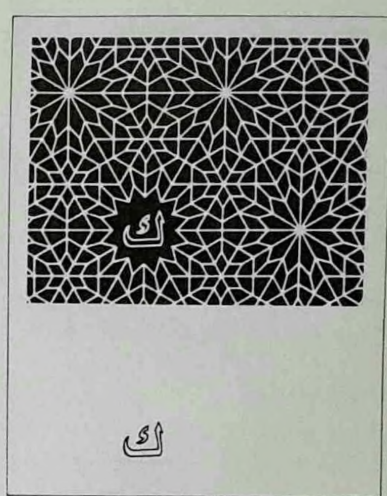
قفـل **LOCK**
جهاز من معدن يُقفل به الباب ويُفتح بمفتاح .

قلب الملف **CORE**
في الهندسة الكهربائيّة : قضيب حديديّ في داخل ملف مغنطيسيّ .

القِلي **ALKALI**
في الكيمياء : كلّ مركّب له صفات قاعديّة عالية .

قمرة **CABIN**
حجرة خصوصيّة لشخص أو أكثر في سفينة أو حجرة تحت ظهر المركب الصغير للركّاب أو النوتيّة أو في الطائرة للأحمال أو الملّاحين أو الركّاب .

القوصرة **PEDIMENT**
في الفن المعماريّ : مثلّث في أعلى واجهة المبنى .



كابول CANTILEVER

في الهندسة: كتيفة معلّقة، وهي عارضة مثبّتة في أحد طرفيها وسائبة في الطرف الآخر.

الكاتيون CATION

في الكيمياء: ذرّة أو مجموعة من الذرّات موجبة الشحنة، أو أساس تتّجه نحو القطب السالب في عمليّة التحليل الكهربائيّ.

الكاتيتومتر CATHETOMETER

في الهندسة: أداة لقياس الأبعاد الشاقوليّة المتقاربة كقياس فرق الارتفاع مثلاً بين عمودين من الزئبق.

كاشف صادّ BUFFER REAGENT

في الكيمياء: مادّة تضاف إلى محلول إلكتروليتيّ لمنع التغيُّرات في التركيز الإيونيّ.

كاشف منقول جوّاً AIRBORN DETECTOR

جهاز منقول بالطائرة وظيفته تحديد شيء في الهواء أو على سطح الأرض ومعرفة نوعه.

كاظم الحرارة ADIABATIC

متعلّق بأيّ تغيُّر لا يرافقه كسب أو خسارة للحرارة.

الكامة CAM

في الهندسة الميكانيكيّة: صفيحة أو أُسطوانة تنقل الحركة إلى الصفيحة أو الأُسطوانة التي تليها بواسطة صرف أو ثلم محفور في سطحها.

كامة منحرفة المركز ECCENTRIC CAM

في الهندسة الميكانيكيّة: كامة أسطوانيّة يقع جذعها خارجاً عن المركز الهندسيّ.

الكاولين KAOLIN

الصلصال الصينيّ، وهو صلصال نقيّ، أبيض عادة، يُستعمل في صناعة الخزف الصينيّ.

كبّاس PISTON

في الهندسة الميكانيكيّة: أسطوانة معدنيّة منزلقة تتردّد في غلاف أنبوبي وتتحرّك تحت تأثير ضغط

كبل متّحد المحور COAXIAL CABLE

في الكهرطيسيّة: كبل في وسطه موصّل معزول عن الأنبوب المعدنيّ الخارجيّ الذي يقوم مقام موصّل ثان.

كتيم IMPERMEABLE

صفة لجسم لا يمكّن مرور الماء أو جسم مائع أو سائل آخر من اختراقه.

الكروموسفير CHROMOSPHERE

في علم الفلك: جوّ الشمس بين الإكليل والطبقة العاكسة.

الكرونوسكوب CHRONOSCOPE

أداة إلكترونيّة لقياس الفواصل الزمنيّة القصيرة جدّاً كالزمن الذي يستغرقه مرور رصاصة بندقيّة من نقطة إلى نقطة أخرى.

الكرونومتر CHRONOMETER

آلة تُستعمل في قياس الوقت لا يفرّقها عن الساعة سوى دقّة الإداء والتوقيت الخياريّ.

الكشّاف الكهربائيّ ELECTROSCOPE

في الفيزياء: أداة للكشف عن وجود شحنة كهربائيّة على جسم ما وتقرير ما إذا كانت الشحنة موجبة أو سالبة وللكشف عن الإشعاع وقياس كثافته.

كيلو فُلط KILOVOLT

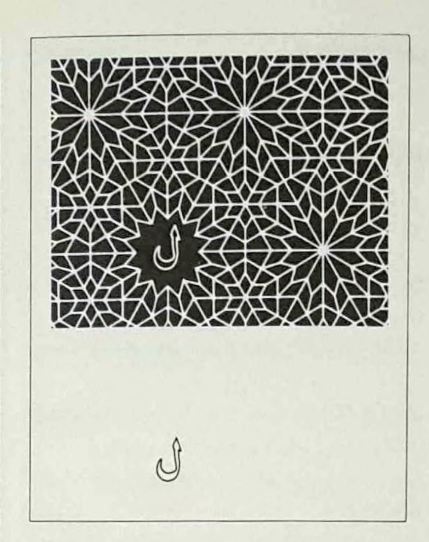
في الكهرباء: وحدة لقياس القوّة الظاهريّة في دائرة كهربائيّة تساوي ألف فلط.

كيلوفلط أمبير KILOVOLT-AMPERE

في الكهرباء: وحدة لقياس القوّة الظاهريّة في دائرة كهربائيّة تساوي ألف فلط أمبير.

كيلو واط KILOWATT

في الكهرباء: وحدة لقياس الطاقة الكهربائيّة تساوي ألف واط.



اللدونة **PLASTICITY**

في الميكانيكا: خاصيّة جسم صلب يمكن أن يتغير شكله وحجمه عند تعرُّضه لضغط يتعدّى قيمة معيّنة.

لسان المحراث **BULL TONGUE**

شفرة عريضة في المحراث تثير الأرض أو تقتلع الأعشاب الضارّة أو تشقّ الأشلام.

اللقف **FLUORESCENCE**

التفلُور وهو إطلاق نور ناشىء عن امتصاص الإشعاع من مصدر آخر.

اللقمة **BIT**

في الميكانيكا: الجزء اللولبيّ الدوّار من الثقب.

لوحة المطيِّن **HAWK**

لوحة ذات مقبض سفليّ لحمل الملاط.

اللولب **SCREW**

أداة من خشب أو معدن ذات محور ذي دوائر ناتئة وهو الذكر أو داخلة وهو الأنثى.

لولب أرخميدس **ARCHIMEDEAN SCREW**

أداة لولبيّة صنعها أرخميدس تُستخدم لرفع المياه لأغراض الريّ ولغيرها.

ليفة اصطناعيّة **MAN-MADE FIBER**

في الصناعة النسيجيّة: ليفة نسيجيّة أو خيط يصنعان من موادّ كيميائيّة أو طبيعيّة أولا عضويّة أو اصطناعيّة.

م

ماء عَسِر **HARD WATER**

في الكيمياء: ماء يحتوي على بعض الأملاح كأملاح الكلسيوم والمغنيزيوم التي تشكل رواسب غير قابلة للذوبان وتشكل ترسّبات مع الصابون.

ماء مقطَّر **DISTILLED WATER**

في الكيمياء: ماء تنزع منه الجوامد أو المتعضيات بواسطة التقطير.

مادّة جامدة **SOLID**

في الفيزياء: مادّة لها حجم وشكل معيَّنان ويقاوم القوى التي من شأنها أن تغيِّر هذا الحجم أو هذا الشكل.

مادّة لدائنيّة **PLASTIC**

مادّة مؤلّفة بمضاعفة الأصل (تكون عادة عضويّة) لها وزن جزيئيّ ثقيل ويمكن أن تتخذ أشكالاً مختلفة.

ماسِحة **SCANNER**

في الهندسة: جهاز يتفحّص منطقة أو سطحاً نقطة نقطة بطريقة نظاميّة متواصلة.

ماسورة الدفق **FLOW PIPE**

في الهندسة: ماسورة الماء الصاعد من المرجل.

المباعِدة **SPACER**

أداة للمباعدة بين الكلمات في آلة تنضيد طباعيّة.

مبدأ أرخميدس ARCHIMEDEAN PRINCIPLE

في الفيزياء: المبدأ القائل بأنّ الجسم المغموس في سائل يتلقّى دفعاً متّجهاً من أسفل إلى أعلى معادلاً لوزن السائل الذي يحلّ محلّه.

مبدّل COMMUTATOR

في الهندسة الكهربائيّة: جهاز كهربائيّ معدّ لتوجيه التيّار نحو دائرة أو نحو غيرها.

مبدّل إلكترونيّ ELECTRONIC COMMUTATOR

في الهندسة الكهربائيّة: دائرة إلكترونية لتشغيل المفاتيح.

مبرّد REFRIGERANT

في الفيزياء: مادّة تُعتق عند تغيّر حالتها (من غاز إلى سائل أو من سائل إلى غاز) كمّية كبيرة من الحرارة الكامنة أو تمتصّها بالنسبة إلى حجمها فتحدث تبريداً عالياً.

مبرّد هوائيّ AIR COOLING ENGINE

آلة تبرّد مباشرة بتيّار هوائيّ دون ما حاجة إلى أي سائل مبرّد.

مبرقة شمسيّة HELIOGRAPH

في المواصلات: جهاز لإرسال البرقيّات بانعكاس أشعّة الشمس من مرآة.

متّحد المركز CONCENTRIC

صفة لما يعود إلى العلاقة بين شكلين دائريّين أو أسطوانيّين أو كرويّين مختلفي الحجم عندما يقع مركز الشكل الصغير تماماً في مركز الشكل الكبير.

متعدّد التكافؤ POLYVALENT

في الكيمياء: إيون أو أساس له أكثر من تكافؤ واحد مثل إيون الكبريتات ك أ٤.

متماثلات الشكل HOMOMORPHS

في الكيمياء: جزيئات كيمائيّة متشابهة في الحجم والشكل دون أن تكون لها ضرورة أيّة صفات مشتركة في ما بينها.

متناغم COMPATIBLE

في التلفزة: خاصّ بطريقة تجعل التقاط الإرسال التلفيزيونيّ الملوّن ممكناً، باللونين الأبيض والأسود، على شاشات الأجهزة غير المزوّدة بأسباب الالتقاط الملوّن.

المثبّط RESTRAINER

مادّة كيميائيّة تُضاف إلى المحلول المظهّر لإعادة تأثيره.

محاثّة INDUCTANCE

في الكهرطيسيّة: صفة دائرة كهربائيّة أو دائرتين متجاورتين تولّد بواسطتها قوّة دافعة كهربائيّة في دائرة بتغيُّر التيّار في ذاته أو في التيّار الآخر.

محاثّة ذاتيّة SELE INDUCTANCE

في الكهرطيسيّة: خاصيّة دائرة كهربائيّة تحدث فيها كهربائيّة محرِّكة بتغيير التيّار في الدائرة ذاتها.

المحثّ INDUCTOR

في الفيزياء: أداة غرضها الأساسيّ إحداث التأثير الكهرطيسيّ في دائرة كهربائيّة.

المحرّك ENGINE

في الهندسة الميكانيكيّة: آلة تطبّق فيها القوّة للقيام بعمل عن طريق تحويل مختلف أشكال الطاقة الى قوّة ميكانيكيّة وإلى حركة.

محرّك أدياباتيّ ADIABATIC ENGINE

في الفيزياء: محرّك حراريّ أو نظام ديناميكيّ حراريّ كاظم للحرارة.

REVERSIBLE MOTOR **محرّك انعكاسيّ الدوران**

في الميكانيكا: محرّك يمكن فيه عكس اتّجاه الدوران بواسطة محوّل يغيّر توصيلاته عندما يكون ساكناً.

محرّك بخاريّ STEAN ENGINE

في الهندسة الميكانيكيّة: جهاز ديناميّ حراريّ لتحويل الحرارة الموجودة في البخار إلى شغل.

RECIPROCATING ENGINE **المحرّك التردّديّ**

في الميكانيكا: محرّك يتردّد فيه الكبّاس إلى الأمام وإلى الوراء.

محرّك تفاضليّ DIFFERENTIAL ENGINE

في الهندسة: محرّك مضاعف الدوران.

المحرّك الحراريّ HEAT ENGIME

في الميكانيكا: آلة لتحويل الطاقة الحراريّة إلى طاقة ميكانيكيّة.

محرِّك عنفيّ نفّاث TURBOJET
محرِّك نفّاث فيه ضاغط هوائيّ يشغّل عنفة يُدخل الهواء ويضغطه لإشعال الوقود.

محرِّك كهربائيّ ELECTRIC MOTOR
في الهندسة الكهربائيّة: آلة تحوّل الطاقة الكهربائيّة إلى طاقة ميكانيكيّة مستخدمة القوى التي تحدثها مجالات مغنطيسيّة.

محرِّك معلّب CANNED MOTOR
محرِّك محصور في غلاف مع العنصر المُدار (أي المضخّة) بحيث تزيّت العناصر الحاملة للمحرِّك من السائل المزيِّت ذاته.

المحرِّك النفّاث العنفيّ TURBOJET ENGINE
محرِّك مزوَّد بعنفات نفّاثة.

محرِّك نوويّ NUCLEAR ENGINE
نوع من المحرِّكات الحراريّة التي تستخدم الانفلات النوويّ أو تفاعلات الانصهار لتسخين سائل التشغيل بقصد الدمع.

محرِّك هيدرولي HYDRAULIC MOTOR
في الهندسة الميكانيكيّة: محرِّك منشّط بالماء أو بسائل آخر تحت الضغط.

ALTERNATING-CURRENTMOTOR
محرِّك يعمل بالتيّار متناوب
في الكهرباء: آلة تحوِّل طاقة التيّار المتناوب إلى طاقة ميكانيكيّة مستخدمة القوى التي تحدثها بحالات مغنطيسيّة ناجمة عن دفق التيّار عبر موصِّلات.

مِحسَرة DOFFER
جهاز ينزع الموادّ من جزء من مكنة نسيج.

محطّ للطائرات العموديّة HELIPORT
في الهندسة المدنيّة مكان معدّ لإقلاع الحوّامات وهبوطها.

محلول كهربائيّ ELECTROLYTE
مركّب كيميائيّ يمكّن من توصيل تيّار كهربائيّ عندما يكون منصهراً أو ذائباً في بعض المذيبات وبخاصّة الماء.

المحمّ AUTOCLAVE
وعاء معدنيّ محكم القفل يُستخدم للتعقيم بواسطة البخار المحميّ والضغط.

محمل الكريّات BALL DEARING
في الميكانيكا: جزء من المكينة تدور فيه أجزاؤها المتحرّكة دورانا سلساً على كرات معدنيّة مرنة.

المحوِّل CONVERTOR
أداة لتغيير شكل التيّار الكهربائيّ.
في التلفيزيون: أداة إضافيّة لتمكين جهاز تلفيزيونيّ من التقاط برامج مرسلة على أقنية لم يُعدّ لاستقبالها أصلاً.

محوِّل بسّمر BESSEMER CONVERTER
فرن يُستخدم في إنتاج الفولاذ وفقاً لطريقة بسّمر.

محوِّل دوّار ROTARY CONVERTER
في الهندسة الكهربائيّة: جهاز لتحويل التيّار المتناوب إلى تيّار مطّرد.

محوِّل عكسيّ INERTER
في الكهرباء: جهاز يحوّل التيّار المطّرد إلى تيّار متناوب.

المحوِّلة INVERTER
في الفيزياء: أداة لتحويل التيّار الطرديّ إلى تيّار متردِّد بوسائل ميكانيكيّة أو إلكترونيّة.

مختلف المركز ECCENTRIC
قرص مثبت على ذراع دائرة يُستعمل لتأمين بعض أنواع الحركة. والمختلف المركز من الدوائر دائرتان إحداهما ضمن الأخرى ولهما مركزان مختلفان.

مخروط الريح WIND CONE
كمّ مخروطيّ الشكل يُنصب على سارية لتبين إتجاه الريح.

مرحِّل اتجاهيّ DIRECTIONAL RELAY
في الكهرباء: مرحِّل يعمل وفقاً لاتّجاه القوّة أو الفلطيّة أو التيّار أو الدوران وما شاكل ذلك.

مركز الزلزال السطحيّ EPICENTER
نقطة على سطح الأرض تقع مباشرة فوق بؤرة الزلزال وهي أول ما تصل إليه اهتزازاته.

مركز القوّة CENTER OF FORCE
في الميكانيكا: النقطة التي تعمل منها أو باتّجاهها قوّة مركزيّة.

مرنان RESONATOR
في الفيزياء: جهاز يصدر عنه رنين بتردُّد خاصّ كالرنين السمعيّ والرنين الفجويّ.

مرو QUARTZ
معدن شفّاف لا لون له وهو أكثر المعادن انتشاراً.

مسبار PROCE

في هندسة الطيران: عربة تحمل أدوات وتتحرّك في الجوّ الأعلى أو في الفضاء أو تحطّ على جرم سماويّ للحصول على معلومات عن البيئة المجاورة.

مسبار العمق DEPTH FINDER

علم المحيطات: مسبار يحدِّد عمق الماء بالموجات الصوتيّة أو الكهربائيّة.

المسترجع REGENERATOR

جهاز في الفرن الاسترجاعيّ يعمل على تسخين الهواء أو الغاز الوافد بواسطة الاحتكاك بكتل من الحديد أو الآجرّ سبق تسخينها عن طريق الهواء أو الغاز المندفع إلى الخارج.

المسدِّدة COLLIMATOR

في الفيزياء: آلة بصريّة تمكّن من الحصول على حزمة من الأشعّة الضوئيّة المتوازية.

المِسرع METRONOME

آلة تمكِّن من معرفة السرعات المختلفة في المعزوفات الموسيقيّة.

مسفن DOCKYARD

موضع لبناء السفن وإصلاحها وترميمها.

مسلفة قرصيّة DISK HARROW

أداة زراعيّة ذات أقراص مقعّرة مستدقّة الأطراف تقلب سطح التربة وتستأصل الأعشاب الضارّة.

مشِعّ RADIATOR

في الصوتيّات: عنصر متذبذب في ناقل للطاقة يبثّ موجات صوتيّة.

في الكهرطيسيّة: جزء من هوائيّ أو من خطّ نقل يُشع موجات كهرطيسيّة إمّا مباشرة في الفضاء أو ضدّ عاكس لتجميعها أو لتوجيهها.

في الهندسة: جهاز أو سطح يُشِعّ حرارة في المحيط الذي يوجد حوله.

مصبَعة GRILL, GRILLE

حاجز من قضبان معدنيّة متعامدة يوضع فوق مجمّع للرماد.

مضاعِف محلل DISSECTOR MULTIPLIER

في التلفيزيون: جهاز مزدوج يضمّ محلِّلاً للصور ومضاعفاً إلكترونيّاً.

المضخِّم AMPLIFIER

في الكهرباء: صمام التقوية أو التضخيم. في التصوير الفوتوغرافيّ: عدسة مضخِّمة لتغيير البعد البؤريّ في الكميرا.

مضخّة PUMP

في الهندسة الميكانيكيّة: آلة تدخل سائلاً إليها عن طريق فتحة وتفرِّغه عن طريق فتحة أخرى.

مضخّة تفريغ VACUUM PUMP

في الهندسة الميكانيكيّة: ضاغط لتفريغ الهواء والغازات غير القابلة للانضغاط من وعاء ليظلّ الضغط فيه دون الضغط الجوّيّ.

المعامل الكشفيّ DETECTOR COEFFICIENT

في اللاسلكيّ: نسبة الفلطيّة العالية التردُّد إلى فلطيّة التيّار المستمرّ الناتجة عن المقوِّم.

معدن مشِعّ RADIOACTIVE METAL

في الفيزياء النوويّة: عنصر معدنيّ مضيء كالأكتينيوم أو الراديوم أو اليورانيوم يبثّ تلقائيّاً وباستمرار إشعاعاً قادراً إلى حدّ ما اختراق أجسام لا يخترقها الضوء.

مغنطيس دائم PERMANENT MAGNET

في الكهرطيسيّة: قطعة من الفولاذ المقسّى أو أيّة مادّة مغنطيسيّة تمغنطت بقوة وتحتفظ بمغنطيسيّتها بشكل دائم.

مغنطيس المجال FIELD MAGNET

في الكهرطيسيّة: المغنطيس الذي يحدث مجالاً مغنطيسيّاً في آلة كهربائيّة.

المغنطيسيّة MAGNETISM

في الفيزياء: ظاهرة مجالات المغنطيسيّة وتأثيراتها على الأجسام.

المقطّع INTERRUPTER

في الفيزياء: أداة لقطع التيّار الكهربائيّ بطريقة آليّة على نحو دوريّ.

مقعد انقذافيّ EJECTION SEAT

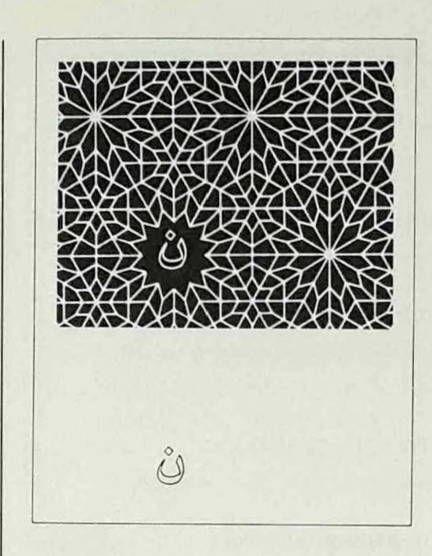
جهاز يقذف الطيّار في حالة الطوارق بأمان من طائرة في الجوّ.

مقلِّع STARTER

في الكهرباء: جهاز معدّ لتقليع محرِّك كهربائيّ أو لتسريع محرِّك حتى يبلغ السرعة الطبيعيّة.

المقياس الغلفانيّ GALVANOMETER

في الفيزياء: آلة لقياس شدّة التيّارات الكهربائيّة الخفيفة عن طريق ملاحظة إبرة ممغنطة أو إطار موصِّل متحرِّك بين ذراعي مغنطيس.



نبضة IMPULSE

في الميكانيكا: تكامل قوّة في مدّة معيّنة من الزمن.

في الفيزياء: دفع يدوم مدّة قصيرة من الزمن بحيث دوامه يعتبر متناهياً في الصغر.

النسبيّة RELATIVITY

في الفيزياء: نظريّة في الفيزياء تقول بالصفة الشاملة لسرعة انتشار الضوء وما ينتج عن ذلك من علاقته بالزمان والمكان والقياسات الميكانيكيّة الأخرى في حركة المراقب الذي يقوم بهذه القياسات.

النظير ISOTOPE

في الكيمياء: أحد النظائر وهي ذرّات لعنصر واحد يتساوى عددها الذرّيّ ويختلف عددها الكتليّ وهي عادة ذات فاعليّة إشعاعيّة.

نقطة البؤرة FOCAL POINT

في البصريّات: النقطة التي تتجمّع فيها الأشعّة الموازية لمحور عدسة أو مرآة أو جهاز بصري آخر أو التي يبدو أنها تتباعد منها.

نقطة التجمُّد ICE POINT

نقطة تجمُّد الماء الحقيقيّة وهي درجة حرارة الصفر السنتيغراديّ.

نقطة تكوّن الفقاقيع BUBBLE POINT

في محلول واحد أو أكثر، درجة الحرارة التي يبدأ عندها ظهور الفقاقيع.

نقطة كوري CURIE POINT

في الفيزياء: درجة الحرارة التي يفقد عندها المعدن الممغنَط خصائصه المغنطيسيّة.

نقطة الندى DEW — POINT

في الفيزياء: درجة الحرارة التي يبدأ عندها بخار الماء بالتكثّف.

نقل التيّار الحامل CARRIER TRANSMISSION

في المواصلات: نقل تكون فيه الموجة الكهربائيّة الناقلة موجة ناتجة عن تضمين موجة أحاديّة التردُّد بواسطة موجة التضمين.

النكل NICKEL

عنصر فلزّي رمزه (نك) وعدده الذرّيّ ٢٨ ووزنه الذرّيّ ٥٨,٧١ وكثافته ٨,٩ غرامات في السنتيمتر المكعّب. ينصهر بدرجة ١٤٥٣. عدد نظائره ١١.

النهضة الأوروبيّة RENAISSANCE

حركة انتقالية في أوروبّا بين القرون الوسطى والعصر الحديث نشأت في القرن الرابع عشر في إيطاليا واستمرّت إلى القرن السادس عشر. وقد تميّزت بالتأثّر بالمفاهيم الكلاسيكيّة وبازدهار الأدب والفن وبانبلاج فجر العلم الحديث.

نوسان OSCILLATION

في الفيزياء: حركة دوريّة تترجّح ذهاباً وإياباً حول نقطة توازنه.

نوويّ حراريّ THERMONUCLEAR

وصف للظاهرة المتعلّقة بتكثّف أو بانصهار نوى النظائر الخفيفة ونقلها إلى نوى أثقل منها.

النيترات NITRATE

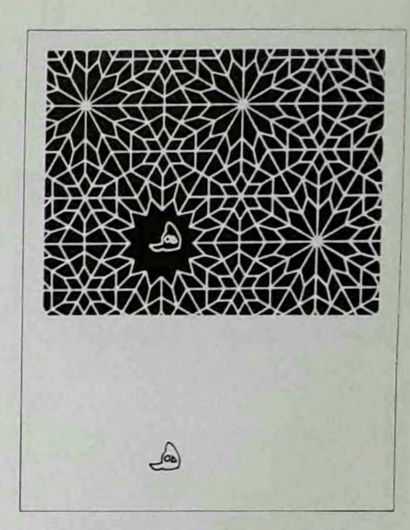
في الكيمياء: ملح يحصل من تآلف الحامض النيتريكيّ مع أحد الأجسام وهو من الأسمدة الأزوتيّة الشائعة الاستعمال.

النيتروغليسرين NITROGLYCERIN

في الكيمياء: مائع زيتيّ أصفر يتفجر بالاحتكاك أو تحت تأثير الحرارة ويصنع منه الديناميت.

النيوترون NEUTRON

في الفيزياء: جسم أوّلي تساوي كتلته تقريباً كتلة البروتون لكنّه يفتقر إلى شحنة كهربائيّة وهو من مقوّمات جميع النوى التي يزيد عددها الكتلي على واحد.



الهاون MORTAR

وعاء مجوّف من الحديد أو النحاس يُدق فيه.

الهباء الجوّيّ AEROSOL

ذريرات صلبة أو سائلة يحملها الهواء.

الهبوط الأعمى BLIND LANDING

في الطيران: هبوط طائرة لا تستخدم إلاّ أجهزة خاصّة عندما تكون الرؤية معدومة.

الهبوط الهيّن SOFT LANDING

في الملاحة الجوّيّة: هبوط عربة فضائيّة برفق على سطح جرم سماويّ.

هُدبة FRINGE

في البصريّات: أحد الخطوط المضاءة أو القاتمة الحادثة عن تداخل الضوء أو حيوده.

هِرتز HERTZ

في الفيزياء: وحدة الذبذبة وهي توازي ذبذبة واحدة في الثانية.

هُري GARNER

في الزراعة: بناء أو جزء من بناء تُخزن فيه الحبوب.

الهزْمة DIMPLE

في الهندسة: نقرة مخروطيّة خفيفة بالمثقب تشير إلى مكان الثقب المطلوب.

الهندسة ENGINEERING

علم يجعل خصائص المادّة ومصادر الطاقة في الطبيعة نافعة للإنسان في البنيات والآلات والمنتوجات.

الهواء السائل LIQUID AIR

هواء في حالة السيولة يُعدّ بتعريضه لضغط عظيم ثمّ بتبريده.

الهوائيّ ANTENNA

في الفيزياء: موصِّل أو مجموعة موصلات هوائيّة معدَّة للبثّ أو لالتقاط الموجات الكهرطيسيّة.

هوائيّ اتّجاهيّ DIRECTIONAL ANTENNA

في الكهرطيسيّة: هوائيّ يشعّ موجات لاسلكيّة أو يستقبلها في أو من اتّجاهات معيَّنة بفعّالية تفوق فعّاليتها في أو من الاتّجاهات الأخرى.

هوائيّ التلفيزيون TELEVISION ANTENNA

في الكهرطيسيّة: هوائيّ يوافق بث الإذاعات التلفيزيونيّة واستقبالها.

هوائيّ توافقيّ HARMONIC ANTENNA

في اللاسلكيّ: هوائيّ طوله مضاعف صحيح لطول ربع الموجة.

هوائيّ ثنائيّ اتّجاه BIDIRECTIONAL ANTENNA

هوائي يبثّ أو يستقبل القسم الأكبر من طاقته في اتّجاهين فقط.

هوائيّ حلزونيّ HELICAL ANTENNA

في اللاسلكيّ: هوائيّ ذو شكل لولبيّ أو حلزونيّ.

الهيدروغرافيا HYDROGRAPHY

علم وصف المياه كمياه البحار والبحيرات والأنهار.

الهيدروكربون HYDROCARBON

في الكيمياء: مركّب عضويّ (كالبنزين والاستيلين) متضمِّن كربوناً وهيدروجيناً فقط.

الهيدرولوجيا HYDROLOGY

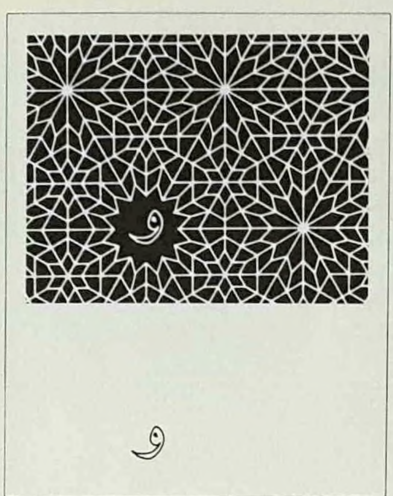
علم المياه يبحث في خواصّ المياه وظواهرها وتوزّعها فوق سطح الأرض وفي التربة وتحت الصخور وفي الجوّ.

هيكل FRAME

في هندسة البناء: البنية الهيكليّة لبناء.

الهيماتيت HEMATITE

حجر الدم وهو خام هامّ من خامات الحديد يكون أحمر اللون حين يُسخّن.



و

الواط **WATT**

وحدة القوّة الكهربائيّة الموافقة لاستهلاك جول واحد في الثانية.

واط مطلق **ABWATT**

في الفيزياء: جزء من مئة مليون جزء من الواط.

واقية الصدمات **BUMPER**

قضيب معدنيّ مثبت في أحد طرفي وسيلة نقل مجهّزة بمحرّك أو في كلّ من طرفيها وبخاصّة في سيّارة لوقايتها من الصدمات.

وحدات ميكانيكيّة **MECHANICAL UNITS**

في الميكانيكا: وحدات طول وزمان وكتلة ووحدات الكميّات الفيزيائيّة المشتقّة منها.

وحدة توليد القدرة **POWER PLANT**

في الهندسة الميكانيكيّة: وحدة تحوّل بعض أشكال الطاقة إلى طاقة كهربائيّة كالمحطّات الكهرمائيّة أو محطّات توليد البخار أو وحدة طاقة نوويّة.

وحدة الكتلة الذرّيّة **ATOMIC MASS UNIT**

في الفيزياء: وحدة اصطلاحيّة تُحدَّد بموجبها كتل الذرّات الفرديّة. والوحدة العياريّة هي وحدة كتلة تساوي ١٢ /١ من كتلة ذرّة الكربون التي نواتها نظير عدد كتلته ١٢.

ورق الكربون **CARBON PAPER**

ورق تكسوه مادّة شمعيّة سوداء، يستعمل للحصول على نسخ متعدّدة عند الضرب على الآلة الكاتبة أو الكتابة باليد. توضع ورقة الكربون بين أوراق بيضاء بحيث أن الضغط على الورقة العليا يجعل ورقة الكربون تنقل الكتابة إلى الورقة الموجودة تحتها.

الوزن الجزيئيّ **MOLUCULAR WEGHT**

في الكيمياء: مجموع الوزن الذرّيّ لجميع الذرّات التي تتألّف منها الجزيء.

الوزن الذرّيّ **ATOMIC WEIGHT**

في الكيمياء: الكتلة النسبيّة لذرّة المبنيّة على سلّم تُعتبر فيه كتلة الكربون تساوي ١٢.

الوزن النوعيّ **SPECIFIC WEIGHT**

في الفيزياء: الكثافة وهي وزن وحدة حجم لمادّة ما.

وشيعة **BOBBIN**

في الكهرطيسيّة: مسلكة عازلة يُلفُّ عليها سلك موصّل يمرّ فيه التيّار الكهربائيّ.

الوصليّة **LINKAGE**

في الهندسة الكهربائيّة: حاصل ضرب التدفّق المغنطيسيّ لدائرة مغلقة في عدد اللفّات في تلك الدائرة.

الوقود **FUEL**

ما تولّد به النار من حطب وغيره وكلّ مادّة تُستعمل لتوليد الطاقة الحراريّة.

وقود ديزل **DIESEL FUEL**

وقود يستعمل في المحرّكات ذات الاحتراق الداخليّ وهو عادة الجزء من النفط الخام الذي يُقطَر بعد الكيروسين.

وقود سائل **LIQUID FUEL**

وقود صاروخ يكون سائلاً تحت الشروط التي يُستعمل فيها.

وقود متفجّر **EXPLOSIVE FUEL**

أيّة مادّة تتّحد مع الأكسجين أو مع عناصر متفجرّة أُخرى لإحداث طاقة تفجير، منها الألومينيوم والسليكون والكربون والكبريت وشمع البرافين وزيت ديزل وغيرها.

وقود المحرّكات **ENGINE FUEL**

أيّة من الموادّ المختلفة التي تكون عادة سائلة والتي تؤمن الحرارة أو الطاقة الكيميائيّة أو طاقة الضغط لتشغيل محرّك.

appear next, in parentheses, [3] photographers' names appear next, followed where applicable by the names of the agencies representing them.

Man and Machines

17 Jan Eyerman/T.L.P.A. © Time Inc 1976/Colorific. **18** Daily Telegraph Colour Library. **19** ASEA. **20–1** [8] Ronan Picture Library. **22–3** [Key] Ironbridge Gorge Museum Trust. **24–5** [3] Mark Boulton/Bruce Coleman Ltd; [4] Barnabys Picture Library. **26–7** [2] Michael Holford, [3] Michael Holford, [6A] Basil Booth, [6B] Basil Booth. **28–9** [Key] Aerofilms, [5] Mansell Collection; [6] Mansell Collection. **30–1** [Key] ASEA, [5] ASEA. **32–3** [Key] Picturepoint, [1A] Photoresources, [1B] Paul Brierley; [2] Michael Holford/British Museum; [3] AEC Ltd/Tin Research Institute; [5] Copper Development Association, [6] Mullard Valves Ltd; [7] Kim Sayer/by permission of the Gardening Centre Ltd, Syon Park; [8] Wilmot Breeden Ltd; [9] UKAEA. **34–5** [2] Radio Times Hulton Picture Library; [11] R. Sheridan/ZEFA. **36–7** [Key] Spectrum Colour Library; [1] Photri; [2] Photri; [3] The Cambridge Instrument Co; [4] Michael Francis Wood & Associates; [5] Paul Brierley, [6] Hans Gunter Möuer; [7] F. James. **38–9** [Key] Mansell Collection; [3] Cooper Bridgeman, [4] Trinity College Chapel, Oxford/Leslie Harris; [6] Kim Sayer; [7] Photri; [8] Picturepoint; [9] Richard Cooke. **40–1** [2] Picturepoint; [4] David Strickland; [5] David Strickland. **42–3** [Key] British Steel Corporation. **44–5** [Key] Paul Brierley; [3] Trustees of the British Museum, [6] Paul Brierley; [7] UKAEA; [8] David Levin. **46–7** [6A] Timber Research & Development Association, [6B] Timber Research and Development Association. **48–9** [Key] Angelo Hornak. **52–3** [2] ZEFA. **54–5** [4] Royal National Lifeboat Institute; [7] GPG Holdings, [9] Source unknown. **56–7** [Key] Courtaulds Ltd; [2] Bruce Coleman/Bruce Coleman Ltd; [3] Jane Burton/Bruce Coleman Ltd; [5] Asbestos & Rubber Co Ltd; [6] MB Copyright; [7] Photri. **58–9** [3] Courtaulds Ltd, [5] Courtaulds Ltd; [6] Courtaulds Ltd, [8] A–Z Botanical Collection. **60–1** [Key] Ronan Picture Library; [1] Ronald Sheridan; [3A] ZEFA, [4] Geoff Goode/by permission of the National Postal Museum. **62–3** [Key] Basil Smith. **64–5** [3] Times Newspapers; [4] Ronan Picture Library. **66–7** [Key] Central Electricity Generating Board; [5] Central Electricity Generating Board. **68–9** [4] Rolls Royce. **70–1** [Key] Barnabys Picture Library. **72–3** [Key] ZEFA, [1] ZEFA, [3] Daily Telegraph Colour Library. **74–5** [7] UKAEA; [8] UKAEA. **76–7** [4] National Coal Board; [5] National Smokeless Fuel Ltd; [6] National Coal Board. **80–1** [Key] R. Halin/ZEFA. **82–3** [5] William MacQuitty. **84–5** [Key] Fabian Acker; [1] Picturepoint; [5] Fabian Acker. **86–7** [Key] Spectrum Colour Library; [2] Picturepoint; [8] Architectural Association, [9] Spectrum Colour Library. **88–9** [4] Phil Sheldon/ZEFA. **92–3** [Key] Mary Evans Picture Library; [7] SSIH [UK] Ltd [Omega Division]. **94–5** [Key] ASEA; [1] The Science Museum; [4] British Leyland; [5A] Ford Motor Co; [5B] Ford Motor Co, [5C] Ford Motor Co; [6] Paul Brierley, [7] ASEA. **96–7** [Key] Ronan Picture Library; [5] Popperfoto; [7] Lancer Boss Ltd. **98–9** [Key] Mansell Collection; [1] E. Webber/ZEFA, [2] F. Park/ZEFA; [3] H. Helbig/ZEFA, [5] Picturepoint. **100–1** [1] Spectrum Colour Library; [2B] By permission of the German Embassy; [3A] ZEFA; [4B] Rolair Systems [UK] Ltd; [4C] Rolair Systems [UK] Ltd; [5A] Hydranautics Inc; [6B] Hydranautics Inc. **102–3** [Key] Toshiba/Michael Turner Associates; [2] Spectrum Colour Library; [4A] David Levin, [4B] David Levin; [6A] Paul Brierley; [6B] Paul Brierley; [7A] Eagle International. **104–5** [6] Queen Mary College. **106–7** [1] Chris Steele-Perkins/Courtesy of the Science Museum; [2] Spectrum Colour Library; [5] IBM. **108–9** [Key] Lloyds Bank Ltd; [1] IBM; [2] Honeywell Ltd; [7] ASEA; [8] David Strickland. **110–1** [Key] Textron's Bell Aerospace Division, Buffalo, NY. **118–9** [Key] Mansell Collection; [2] Popperfoto; [3] Robert Hunt Library, [4] Photri, [8] Photri. **122–3** [Key] Mansell Collection. **134–5** [Key] Mansell Collection; [2] Fotolink, [3] F. Hackenburg/ZEFA, [4] London Transport Executive; [6] Kim Sayer; [7] P. Phillips/ZEFA, [8] Fotolink. **138–9** [4] Ann Keatley/National Academy of Sciences, Washington, [5] Spectrum Colour Library. **144–5** [2] British Railways Board. **146–7** [7] Radio Times Hulton Picture Library; [8] Times Newspapers. **154–5** [3] Crown Copyright 1973; [5] Smithsonian Institution; [8] Picturepoint. **156–7** [Key] Patrick Moore Collection; [2] Patrick Moore Collection, [4A] Novosti, [4B] NASA, [4C] NASA, [8A] NASA; [8B] NASA. **158–9** [Key] NASA; [2] NASA; [3] NASA, [4] NASA; [5] NASA, [6] NASA; [7] NASA, [8] NASA; [9] NASA; [10] NASA. **164–5** [3] Popperfoto/Imperial War Museum, [5A] Robert Hunt Library; [7] General Electric Aircraft Equipment Division. **166–7** [Key] Crown Copyright, reproduced by permission of the Department of the Environment; [1] Michael Holford/British Museum; [5] Permission of the Governing Body of Christ Church, Oxford; [7A] National Portrait Gallery. **168–9** [Key] John Massey Stewart; [5] Photri, [7] Photri; [8] Photri; [10] Robin Adshead. **170–1** [1] Imperial War Museum; [5] Popperfoto; [7] Imperial War Museum. **180–1** [Key] Robert Hunt Library/Imperial War Museum; [2] Robert Hunt Library; [7] Photri; [8] Photri. **184–5** [Key] Associated Press; [1] Freeman Fox & Partners. **188–9** [Key] Sir Robert McAlpine; [6] Chesapeake Bay Bridge & Tunnel District. **190–1** [2] Mary Evans Picture Library, [3] Loren McIntyre. **192–3** [Key] Douglas Pike; [2] Bill Stirling/Robert Harding Associates; [3] Construction News; [4] Construction News, [5] A. Monk & Co Ltd; [7] Frank Wallis, [8] A. Monk & Co Ltd. **194–5** [Key] J. Allan Cash. **196–7** [Key] Spectrum Colour Library, [7] ZEFA; [9] KLM Aerocarto. **198–9** [Key] J. Allan Cash; [8] Paul Almasy. **202–3** [Key] Mansell Collection; [3] Redland Purle Ltd; [4A] Picturepoint; [4B] Spectrum Colour Library; [5] Redland Purle Ltd. **204–5** [2] Mansell Collection, [3] Mansell Collection; [4] Mansell Collection; [6B] Mansell Collection; [8] Mansell Collection, [9] Mansell Collection; [10] Linotype U.K. **206–7** [Key] G. Sommer/ZEFA, [3E] David Strickland; [4] Picturepoint. **208–9** [4] Rank Xerox Ltd. **210–1** [Key] Monitor; [2] Picturepoint, [3] Jerry Watcher Colorific; [6] IBM. **212–3** [Key] Kim Sayer; [1] Kim Sayer, [2] BBC Copyright photograph; [3] Mike Peters; [4A] Kim Sayer, [4B] Kim Sayer; [4C] Kim Sayer; [4D] Kim Sayer; [4E] Kim Sayer; [4F] Kim Sayer; [6] Gerfried Brutzer. **214–5** [Key] Kim Sayer, [1] David Levin; [2] David Levin; [3] David Levin; [4A] Graeme French, [4B] Graeme French, [4C] Graeme French; [4D] Graeme French, [4E] Graeme French, [4F] Graeme French; [4G] Graeme French; [4H] Graeme French, [4I] Graeme French. **216–7** [Key] Dupont [UK] Ltd; [1] John Crossley & Sons Ltd; [2A] IBM, [2B] Honeywell; [4A] Angelo Hornak, [5] British Airways. **220–1** [Key] Christ Steele Perkins; [1A] Guy Rycart, [1B] Guy Rycart; [2A] Guy Rycart, [2B] Guy Rycart; [2C] Guy Rycart; [7A] David Strickland; [7B] David Strickland; [7C] David Strickland. **222–3** [7] EMI. **224–5** [Key] By courtesy of the Post Office; [1] Ronan Picture Library, [2] David Strickland; [5] Chris Steele Perkins/The Science Museum. **226–7** [Key] J. Allan Cash. **228–9** [Key] The Science Museum, [1] Mansell Collection; [2A] Chris Steele Perkins/The Science Museum, [3] Radio Times Hulton Picture Library, [6E] BBC, [6B] P. Freytag/ZEFA; [6C] David Levin. **232–3** [Key] EMI; [6] Sotheby's Belgravia; [7] Toshiba/Michael Turner Associates. **234–5** [1] Ampex [Great Britain] Ltd; [3A] Ampex [Great Britain] Ltd, [3B] David Levin; [5] Ampex [Great Britain] Ltd, [7] Paul Brierley/Decca Ltd. **236–7** [Key] Radio Times Hulton Picture Library. **238–9** [Key] ICI Ltd; [1] Aerofilms Ltd; [3] ZEFA; [5] Centre File Ltd. **240–1** [1] Picturepoint; [2] Unilever Ltd; [7] Picturepoint. **242–3** [Key] Popperfoto; [3] Photri; [7] Pains Wessex Ltd/Michael Turner Associates. **244–5** [Key] Ronan Picture Library, [2] David Levin; [3] Bill Holden; [4] Photoresources/Metropolitan Museum of Art; [5] Michael Holford, [8] Basil Booth; [9] David Levin; [11] Toshiba/Michael Turner Associates. **246–7** [Key] Picturepoint; [3A] French Government Tourist Office; [3B] Spectrum Colour Library; [4] Max Factor Ltd; [5A] Educational Products Ltd/Max Factor Ltd; [6] Times Newspapers; [7B] Educational Products Ltd/Max Factor Ltd; [7C] Educational Products Ltd/Max Factor Ltd.

الرسوم :

Art Editors

Angela Downing
George Glaze
James Marks
Mel Peterson
Ruth Prentice
Bob Scott

Visualizers

David Aston
Javed Badar
Allison Blythe
Angela Braithwaite
Alan Brown
Michael Burke
Alistair Campbell
Terry Collins
Mary Ellis
Judith Escreet
Albert Jackson
Barry Jackson
Ted Kindsey
Kevin Maddison
Erika Mathlow
Paul Mundon
Peter Nielson
Patrick O'Callaghan
John Ridgeway
Peter Saag
Malcolme Smythe
John Stanyon
John Stewart
Justin Todd
Linda Wheeler

Artists

Stephen Adams
Geoffrey Alger
Terry Allen
Jeremy Alsford
Frederick Andenson
John Arnold
Peter Arnold
David Ashby
Michael Badrock
William Baker
John Barber
Norman Barber
Arthur Barvoso
John Batchelor
John Bavosi
David Baxter
Stephen Bernette
John Blagovitch
Michael Blore
Christopher Blow
Roger Bourne
Alistair Bowtell
Robert Brett
Gordon Briggs
Linda Broad
Lee Brooks
Rupert Brown
Marilyn Bruce
Anthony Bryant
Paul Buckle
Sergio Burelli
Dino Bussetti
Patricia Casey
Giovanni Casselli
Nigel Chapman
Chensie Chen
David Chisholm
David Cockcroft
Michael Codd
Michael Cole
Gerry Collins
Peter Connelly
Roy Coombs
David Cox
Patrick Cox
Brian Cracker
Gordon Cramp
Gino D'Achille
Terrence Daley
John Davies
Gordon C. Davis
David Day
Graham Dean
Brian Delf
Kevin Diaper
Madeleine Dinkel
Hugh Dixon
Paul Draper
David Dupe
Howard Dyke
Jennifer Eachus
Bill Easter
Peter Edwards
Michael Ellis
Jennifer Embleton
Ronald Embleton
Ian Evans
Ann Evens
Lyn Evens
Peter Fitzjohn
Eugene Flurey
Alexander Forbes
David Carl Forbes
Chris Fosey
John Francis
Linda Francis
Sally Frend
Brian Froud
Gay Galfworthy
Ian Garrard
Jean George
Victoria Goaman
David Godfrey
Miriam Golochoy
Anthea Gray
Harold Green
Penelope Greensmith
Vanna Haggerty
Nicholas Hall
Horgrave Hans
David Hardy
Douglas Harker
Richard Hartwell
Jill Havergale
Peter Hayman
Ron Haywood
Peter Henville
Trevor Hill
Garry Hinks
Peter Hutton
Faith Jacques
Robin Jacques
Lancelot Jones
Anthony Joyce
Pierre Junod
Patrick Kaley
Sarah Kensington
Don Kidman
Harold King
Martin Lambourne
Ivan Lapper
Gordon Lawson
Malcolm Lee-Andrews
Peter Levaffeur
Richard Lewington
Brian Lewis
Ken Lewis
Richard Lewis
Kenneth Lilly
Michael Little
David Lock
Garry Long
John Vernon Lord
Vanessa Luff
John Mac
Lesley MacIntyre
Thomas McArthur
Michael McGuinness
Ed McKenzie
Alan Male
Ben Manchipp
Neville Mardell
Olive Marony
Bob Martin
Gordon Miles
Sean Milne
Peter Mortar
Robert Morton
Trevor Muse
Anthony Nelthorpe
Michael Neugebauer
William Nickless
Eric Norman
Peter North
Michael O'Rourke
Richard Orr
Nigel Osborne
Patrick Oxenham
John Painter
David Palmer
Geoffrey Parr
Allan Penny
David Penny
Charles Pickard
John Pinder
Maurice Pledger
Judith Legh Pope
Michael Pope
Andrew Popkiewicz
Brian Price-Thomas
Josephine Rankin
Collin Rattray
Charles Raymond
Alan Rees
Ellsie Rigley
John Ringnall
Christine Robbins
Ellie Robertson
James Robins
John Ronayne
Collin Rose
Peter Sarson
Michael Saunders
Ann Savage
Dennis Scott
Edward Scott-Jones
Rodney Shackell
Chris Simmonds
Gwendolyn Simson
Cathleen Smith
Lesley Smith
Stanley Smith
Michael Soundels
Wolf Spoel
Ronald Steiner
Ralph Stobart
Celia Stothard
Peter Sumpter
Rod Sutterby
Allan Suttie
Tony Swift
Michael Terry
John Thirsk
Eric Thomas
George Thompson
Kenneth Thompson
David Thorpe
Harry Titcombe
Peter Town
Michael Trangenza
Joyce Tuhill
Glenn Tutssel
Carol Vaucher
Edward Wade
Geoffrey Wadsley
Mary Waldron
Michael Walker
Dick Ward
Brian Watson
David Watson
Peter Weavers
David Wilkinson
Ted Williams
John Wilson
Roy Wiltshire
Terrence Wingworth
Anne Winterbotham
Albany Wiseman
Vanessa Wiseman
John Wood
Michael Woods
Owen Woods
Sidney Woods
Raymond Woodward
Harold Wright
Julia Wright

Studios

Add Make-up
Alard Design
Anyart
Arka Graphics
Artec
Art Liaison
Art Workshop
Bateson Graphics
Broadway Artists
Dateline Graphics
David Cox Associates
David Levin Photographic
Eric Jewel Associates
George Miller Associates
Gilcrist Studios
Hatton Studio
Jackson Day
Lock Pettersen Ltd
Mitchell Beazley Studio
Negs Photographic
Paul Hemus Associates
Product Support Graphics
Q.E.D. [Campbell Kindsley]
Stobart and Sutterby
Studio Briggs
Technical Graphics
The Diagram Group
Tri Art
Typographics
Venner Artists

Agents

Artist Partners
Freelance Presentations
Garden Studio
Linden Artists
N.E. Middletons
Portman Artists
Saxon Artists
Thompson Artists

✱ مدخل

Sir Jack Callard,
former Chairman of Imperial Chemical Industries Limited

هيئة تحرير بهجة المعرفة :

Editorial Director	**Frank Wallis**
Creative Director	**Ed Day**
Project Director	**Harold Bull**
Volume editors	
Science and The Universe	John Clark
	Lawrence Clarke
The Natural World	Ruth Binney
The Physical Earth	Erik Abranson
	Dougal Dixon
Man and Society	Max Monsarrat
History and Culture 1 & 2	John Tusa
	Roger Hearn
Time Chart	Jane Kenrick
Man and Machines	John Clark
Art Director	Rod Stribley
Production Editor	Helen Yeomans
Assistant to the Project Director	Graham Darlow
Associate Art Director	Anthony Cobb
Art Buyer	Ted McCausland
Co-editions Manager	Averil Macintyre
Printing Manager	Bob Towell
Information Consultant	Jeremy Weston
Sub-Editors	Don Binney
	Arthur Butterfield
	Charyn Jones
	Jenny Mulherin
	Shiva Naipaul
	David Sharpe
	Jack Tresidder
Proof-Readers	Jeff Groman
	Anthony Livsey
Researchers	Peter Furtado
	Malcolm Hart
	Peter Kilkenny
	Ann Kramer
	Lloyd Lindo
	Heather Maisner
	Valerie Nicholson
	Elizabeth Peadon
	John Smallwood
	Jim Somerville
Senior Designer	Sally Smallwood
Designers	Rosamund Briggs
	Mike Brown
	Lynn Cawley
	Nigel Chapman
	Pauline Faulks
	Nicole Fothergill
	Juanita Grout
	Ingrid Jacob
	Carole Johnson
	Chrissie Lloyd
	Aean Pinheiro
	Andrew Sutterby
Senior Picture Researchers	Jenny Golden
	Kate Parish
Picture Researchers	Phyllida Holbeach
	Philippa Lewis
	Caroline Lucas
	Ann Usborne
Assistant to the Editorial Director	Judy Garlick
Assistant to the Section Editors	Sandra Creese
Editorial Assistants	Joyce Evison
	Miranda Grinling
Production Controllers	Jeremy Albutt
	John Olive
	Anthony Bonsels
Production Assistants	Nick Rochez
	John Swan

ساهم في إعداد بهجة المعرفة :

Fabian Acker CEng, MIEE, MIMarE; Professor H.C. Allen MC; Leonard Amey OBE; Neil Ardley BSc; Professor H.R.V. Arnstein DSc, PhD, FIBiol; Russell Ash BA(Dunelm), FRAI; Norman Ashford PhD, CEng, MICE, MASCE, MCIT; Professor Robert Ashton; B.W. Atkinson BSc, PhD; Anthony Atmore BA; Professor Philip S. Bagwell BSc(Econ), PhD; Peter Ball MA; Edwin Banks MIOP; Professor Michael Banton; Dulan Barber; Harry Barrett; Professor J.P. Barron MA, DPhil, FSA; Professor W.G. Beasley FBA; Alan Bender PhD, MSc, DIC, ARCS; Lionel Bender BSc; Israel Berkovitch PhD, FRIC, MIChemE; David Berry MA; M.L. Bierbrier PhD; A.T.E. Binsted FBBI (Dipl); David Black; Maurice E.F. Block BA, PhD(Cantab); Richard H. Bomback BSc (London), FRPS; Basil Booth BSc(Hons), PhD, FGS, FRGS; J. Harry Bowen MA(Cantab), PhD(London); Mary Briggs MPS, FLS; John Brodrick BSc (Econ); J.M. Bruce ISO, MA, FRHistS, MRAeS; Professor D.A. Bullough MA, FSA, FRHistS; Tony Buzan BA(Hons) UBC; Dr Alan R. Cane; Dr J.G. de Casparis; Dr Jeremy Catto MA; Denis Chamberlain; E.W. Chanter MA; Professor Colin Cherry DSc(Eng), MIEE; A.H. Christie MA, FRAI, FRAS; Dr Anthony W. Clare MPhil(London), MB, BCh, MRCPI, MRCPsych; Sonia Cole; John R. Collis MA, PhD; Professor Gordon Connell-Smith BA, PhD, FRHistS; Dr A.H. Cook FRS; Professor A.H. Cook FRS; J.A.L. Cooke MA, DPhil; R.W. Cooke BSc, CEng, MICE; B.K. Cooper; Penelope J. Corfield MA; Robin Cormack MA, PhD, FSA; Nona Coxhead; Patricia Crone BA, PhD; Geoffrey P. Crow BSc(Eng), MICE, MIMunE, MInstHE, DIPTE; J.G. Crowther; Professor R.B. Cundall FRIC; Noel Currer-Briggs MA, FSG; Christopher Cviic BA(Zagreb), BSc(Econ, London); Gordon Daniels BSc(Econ, London), DPhil(Oxon); George Darby BA; G.J. Darwin; Dr David Delvin; Robin Denselow BA; Professor Bernard L. Diamond; John Dickson; Paul Dinnage MA; M.L. Dockrill BSc(Econ), MA, PhD; Patricia Dodd BA; James Dowdall; Anne Dowson MA(Cantab); Peter M. Driver BSc, PhD, MIBiol; Rev Professor C.W. Dugmore DD; Herbert L. Edlin BSc, Dip in Forestry; Pamela Egan MA(Oxon); Major S.R. Elliot CD, BComm; Professor H.J. Eysenck PhD, DSc; Dr Peter Fenwick BA, MB, BChir, DPM, MRCPsych; Jim Flegg BSc, PhD, ARCS, MBOU; Andrew M. Fleming MA; Professor Antony Flew MA(Oxon), DLitt(Keele); Wyn K. Ford FRHistS; Paul Freeman DSc(London); G.E. Fussell DLitt, FRHistS; Kenneth W. Gatland FRAS, FBIS; Norman Gelb BA; John Gilbert BA(Hons, London); Professor A.C. Gimson; John Glaves-Smith BA; David Glen; Professor S.J. Goldsack BSc, PhD, FINSTP, FBCS; Richard Gombrich MA, DPhil; A.F. Gomm; Professor A. Goodwin MA; William Gould BA(Wales); Professor J.R. Gray; Christopher Green PhD; Bill Gunston; Professor A. Rupert Hall LittD; Richard Halsey BA(Hons, UEA); Lynette K. Hamblin BSc; Norman Hammond; Professor Thomas G. Harding PhD; Richard Harris; Dr Randall P. Harrison; Cyril Hart MA, PhD, FRICS, FIFor; Anthony P. Harvey; Nigel Hawkes BA(Oxon); F.P. Heath; Peter Hebblethwaite MA(Oxon), LicTheol; Frances Mary Heidensohn BA; Dr Alan Hill MC, FRCP; Robert Hillenbrand MA, DPhil; Professor F.H. Hinsley; Dr Richard Hitchcock; Dorothy Hollingsworth OBE, BSc, FRIC, FIBiol, FIFST, SRD; H.P. Hope BSc (Hons, Agric); Antony Hopkins CBE, FRCM, LRAM, FRSA; Brian Hook; Peter Howell BPhil, MA(Oxon); Brigadier K. Hunt; Peter Hurst BDS, FDS, LDS, RSCEd, MSc(London); Anthony Hyman MA, PhD; Professor R.S. Illingworth MD, FRCP, DPH, DCH; Oliver Impey MA, DPhil; D.E.G. Irvine PhD; L.M. Irvine BSc; Anne Jamieson cand mag(Copenhagen), MSc(London); Michael A. Janson BSc; Professor P.A. Jewell BSc(Agric), MA, PhD, FIBiol; Hugh Johnson; Commander I.E. Johnston RN; I.P. Joliffe BSc, MSc, PhD, CompICE, FGS; Dr D.E.H. Jones ARCS, FCS; R.H. Jones PhD, BSc, CEng, MICE, FGS, MASCE; Hugh Kay; Dr Janet Kear; Sam Keen; D.R.C. Kempe BSc, DPhil, FGS; Alan Kendall MA(Cantab); Michael Kenward; John R. King BSc(Eng), DIC, CEng, MIProdE; D.G. King-Hele FRS; Professor J.F. Kirkaldy DSc; Malcolm Kitch; Michael Kitson MA; B.C. Lamb BSc, PhD; Nick Landon; Major J.C. Larminie QDG, Retd; Diana Leat BSc(Econ), PhD; Roger Lewin BSc, PhD; Harold K. Lipset; Norman Longmate MA(Oxon); John Lowry; Kenneth E. Lowther MA; Diana Lucas BA(Hons); Keith Lye BA, FRGS; Dr Peter Lyon; Dr Martin McCauley; Sean McConville BSc; D.F.M. McGregor BSc, PhD(Edin); Jean Macqueen PhD; William Baird MacQuitty MA(Hons), FRGS, FRPS; Jonathan Martin MA; Rev Canon E.L. Mascall DD; Christopher Maynard MSc, DTh; Professor A.J. Meadows; J.S.G. Miller MA, DPhil, BM, BCh; Alaric Millington BSc, DipEd, FIMA; Peter L. Moldon; Patrick Moore OBE; Robin Mowat MA, DPhil; J. Michael Mullin BSc; Alistair Munroe BSc, ARCS; Professor Jacob Needleman; Professor Donald M. Nicol MA, PhD; Gerald Norris; Caroline E. Oakman BA(Hons, Chinese); S. O'Connell MA(Cantab), MInstP; Michael Overman; Di Owen BSc; A.R.D. Pagden MA, FRHistS; Professor E.J. Pagel PhD; Carol Parker BA(Econ), MA(Internat. Aff.); Derek Parker; Julia Parker DFAstrolS; Dr Stanley Parker; Dr Colin Murray Parkes MD, FRC(Psych), DPM; Professor Geoffrey Parrinder MA, PhD, DD(London), DLitt(Lancaster); Moira Paterson; Walter C. Patterson MSc; Sir John H. Peel KCVO, MA, DM, FRCP, FRCS, FRCOG; D.J. Penn; Basil Peters MA, MInstP, FBIS; D.L. Phillips FRCR, MRCOG; B.T. Pickering PhD, DSc; John Picton; Susan Pinkus; Dr C.S. Pitcher MA, DM, FRCPath; Alfred Plaut FRCPsych; A.S. Playfair MRCS, LRCP, DObstRCOG; Dr Antony Polonsky; Joyce Pope BA; B.L. Potter NDA, MRAC, CertEd; Paulette Pratt; Antony Preston; Frank J. Pycroft; Margaret Quass; Dr John Reckless; Trevor Reese BA, PhD, FRHistS; Derek A. Reid BSc, PhD; Clyde Reynolds BSc; John Rivers; Peter Roberts; Colin A. Ronan MSc, FRAS; Professor Richard Rose BA(Johns Hopkins), DPhil(Oxon); Harold Rosenthal; T.G. Rosenthal MA(Cantab); Anne Ross MA, MA(Hons, Celtic Studies), PhD(Archaeol and Celtic Studies, Edin); Georgina Russell MA; Dr Charles Rycroft BA(Cantab), MB(London), FRCPsych; Susan Saunders MSc(Econ); Robert Schell PhD; Anil Seal MA, PhD(Cantab); Michael Sedgwick MA(Oxon); Martin Seymour-Smith BA(Oxon), MA(Oxon); Professor John Shearman; Dr Martin Sherwood; A.C. Simpson BSc; Nigel Sitwell; Dr Alan Sked; Julie and Kenneth Slavin FRGS, FRAI; Alec Xavier Snobel BSc(Econ); Terry Snow BA, ATCL; Rodney Steel; Charles S. Steinger MA, PhD; Geoffrey Stern BSc(Econ); Maryanne Stevens BA(Cantab), MA(London); John Stevenson DPhil, MA; J. Stidworthy MA; D. Michael Stoddart BSc, PhD; Bernard Stonehouse DPhil, MA, BSc, MInstBiol; Anthony Storr FRCP, FRCPsych; Richard Storry; Professor John Taylor; John W.R. Taylor FRHistS, MRAeS, FSLAET; R.B. Taylor BSc(Hons, Microbiol); J. David Thomas MA, PhD; Harvey Tilker PhD; Don Tills PhD, MPhil, MIBiol, FIMLS; Jon Tinker; M. Tregear MA; R.W. Trender; David Trump MA, PhD, FSA; M.F. Tuke PhD; Christopher Tunney MA; Laurence Urdang Associates (authentication and fact check); Sally Walters BSc; Christopher Wardle; Dr D. Washbrook; David Watkins; George Watkins MSc; J.W.N. Watkins; Anthony J. Watts; Dr Geoff Watts; Melvyn Westlake; Anthony White MA(Oxon), MAPhil(Columbia); P.J.S. Whitmore MBE, PhD; Professor G.R. Wilkinson; Rev H.A. Williams CR; Christopher Wilson BA; Professor David M. Wilson; John B. Wilson BSc, PhD, FGS, FLS; Philip Windsor BA, DPhil(Oxon); Professor M.J. Wise; Roy Wolfe BSc(Econ), MSc; Dr David Woodings MA, MRCP, MRCPath; Bernard Yallop PhD, BSc, ARCS, FRAS; Professor John Yudkin MA, MD, PhD(Cantab), FRIC, FIBiol, FRCP.

هيئة تحرير بهجة المعرفة تتوجه بالشكر إلى :

Nicolas Bentley
Bill Borchard
Adrianne Bowles
Yves Boisseau
Irv Braun
Theo Bremer
the late Dr Jacob Bronowski
Sir Humphrey Browne
Barry and Helen Cayne
Peter Chubb
William Clark
Sanford and Dorothy Cobb
Alex and Jane Comfort
Jack and Sharlie Davison
Manfred Denneler
Stephen Elliott
Stephen Feldman
Orsola Fenghi
Dr Leo van Grunsven
Jan van Gulden
Graham Hearn
the late Raimund von Hofmansthal
Dr Antonio Houaiss
the late Sir Julian Huxley
Alan Isaacs
Julie Lansdowne
Andrew Leithead
Richard Levin
Oscar Lewenstein
The Rt Hon Selwyn Lloyd
Warren Lynch
Simon macLachlan
George Manina
Stuart Marks
Bruce Marshall
Francis Mildner
Bill and Christine Mitchell
Janice Mitchell
Patrick Moore
Mari Pijnenborg
the late Donna Dorita de Sa Putch
Tony Ruth
Dr Jonas Salk
Stanley Schindler
Guy Schoeller
Tony Schulte
Dr E. F. Schumacher
Christopher Scott
Anthony Storr
Hannu Tarmio
Ludovico Terzi
Ion Trewin
Egil Tveteras
Russ Voisin
Nat Wartels
Hiroshi Watanabe
Adrian Webster
Jeremy Westwood
Harry Williams
the dedicated staff of MB Encyclopaedias who created this *Library* and of MB Multimedia who made the IVR Artwork Bank.

الصور :

Every endeavour has been made to trace copyright holders of photographs appearing in *The Joy of Knowledge*. The publishers apologize to any photographers or agencies whose work has been used but has not been listed below.

Credits are listed in this manner: [1] page numbers appear first, in bold type; [2] illustration numbers

الشركة العامة للنشر والتوزيع والاعلان

الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية
طرابلس

Printed in Switzerland
30.7.1981